Manual do Empreendedor
Volume VIII
Guia Prático de Pequenas Barragens
Versão Preliminar – julho de 2015

República Federativa do Brasil
Dilma Vana Rousseff
Presidenta

Ministério do Meio Ambiente
Izabella Mônica Vieira Teixeira
Ministra

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada
Vicente Andreu Guillo (Diretor-Presidente)
Paulo Lopes Varella Neto
João Gilberto Lotufo Conejo
Gisela Damm Forattini

Superintendência de Regulação (SRE)
Rodrigo Flecha Ferreira Alves

Superintendência de Fiscalização (SFI)
Flávia Gomes de Barros

Agência Nacional de Águas
Ministério do Meio Ambiente

MANUAL DO EMPREENDEDOR

VOLUME VIII

GUIA PRÁTICO DE PEQUENAS BARRAGENS

Brasília, julho de 2015.

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T.
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: (61) 2109 5400 / (61) 2109-5252
www.ana.gov.br

Equipe Editorial

Supervisão editorial:
Carlos Motta Nunes - coordenador
Ligia Maria Nascimento de Araújo

Elaboração:
Laura Caldeira – *LNEC, Portugal*
João Bilé Serra – *LNEC, Portugal*
João Marcelino – *LNEC, Portugal*

Revisão dos originais:
Alexandre Anderáos
André César Moura Onzi
André Torres Petry
Erwin De Nys - *Banco Mundial*
Paula Freitas - *Banco Mundial*
Maria Inês Muanis Persechini – *Banco Mundial*
Carolina Abreu dos Santos – *Banco Mundial*
Carla Zardo – *Banco Mundial*
Vinícius Crunivel – *Banco Mundial*

Catalogação na fonte: CEDOC / BIBLIOTECA

XXXX Agência Nacional de Águas (Brasil).

Manual do Empreendedor – Volume VIII - Guia Prático de Pequenas Barragens / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2015.

XX p.:il.
ISBN: **Aguardando**

1. Recursos hídricos, Brasil 2. Barragens e açudes, Brasil 3. Política Nacional de Segurança de Barragens, Brasil

I. Agência Nacional de Águas (Brasil) II. Título

CDU

MANUAL DO EMPREENDEDOR

INTRODUÇÃO GERAL

As pequenas barragens, compreendendo o barramento, as estruturas associadas e o reservatório, são obras necessárias para uma adequada gestão dos recursos hídricos, contenção de rejeitos de mineração ou de resíduos industriais. A construção e a operação das pequenas barragens podem, no entanto, envolver danos potenciais para as populações e para os bens materiais e ambientais existentes no entorno.

A segurança de pequenas barragens é um aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, tais como as autoridades legais e os empreendedores, bem como os agentes que lhes dão apoio técnico nas atividades, relativas à concepção, ao projeto, à construção e à operação, as quais devem ser proporcionais ao tipo, à dimensão e ao risco envolvido.

Para garantir as necessárias condições de segurança das pequenas barragens ao longo da sua vida útil devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Essas medidas, se devidamente implementadas, asseguram uma probabilidade de ocorrência de acidente diminuta ou praticamente nula, mas devem, apesar disso, ser complementadas com medidas de defesa civil para minorar as consequências de uma possível ocorrência de acidente, especialmente em casos onde se associam danos potenciais mais altos.

A Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, conhecida por Lei de Segurança de Barragens, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (*PNSB*), considerando os aspectos referidos, além de outros, e definiu atribuições e formas de controle necessárias para assegurar as condições de segurança das barragens.

A Lei de Segurança de Barragens atribui aos empreendedores e aos responsáveis técnicos por eles escolhidos a responsabilidade de desenvolver e implementar o Plano de Segurança da Barragem, de acordo com metodologias e procedimentos adequados para garantir as condições de segurança necessárias. No Brasil, os empreendedores são de diversas naturezas: públicos (federais, estaduais ou municipais) e privados, sendo a sua capacidade técnica e financeira, também, muito diferenciada.

No presente **Manual do Empreendedor** pretende-se estabelecer orientações gerais quanto às metodologias e procedimentos a adotar pelos empreendedores, visando assegurar adequadas condições de segurança para as barragens de que são responsáveis, ao longo das diversas fases da vida das obras, designadamente, as fases de planejamento e projeto, de construção e primeiro enchimento, de operação e de descomissionamento (desativação).

O Manual aplica-se às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos.

Os procedimentos, os estudos e as medidas com vista à obtenção ou concessão de licenças ambientais, necessárias para a implantação dos empreendimentos não são considerados no presente Manual, bem como os procedimentos para a gerência das obras ou das empreitadas que regem a construção.

O presente Manual compreende oito Guias constituintes dos seguintes Volumes:

- **Volume I - Instruções para apresentação do Plano de Segurança da Barragem,** no qual se apresenta um modelo padrão e respectivas instruções para elaboração do Plano de Segurança da Barragem.

- **Volume II - Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem,** no qual se estabelecem procedimentos, conteúdo e nível de detalhamento e análise dos produtos finais das inspeções de segurança.

- **Volume III - Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem,** no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem orientar as revisões do Plano de Segurança da Barragem, com o objetivo de verificar o estado de sua segurança.

- **Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE**, no qual se apresenta o conteúdo e organização tipo de um Plano de Ação de Emergência (PAE).

- **Volume V - Guia para a Elaboração de Projetos de Barragens,** no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser contemplados nos projetos do ponto de vista da segurança.

- **Volume VI - Guia para a Construção de Barragens,** no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser respeitados, de forma a garantir a segurança das obras durante e após a construção.

- **Volume VII - Guia para a Elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação de Barragens**, no qual se estabelecem procedimentos gerais para a elaboração do Plano de operação, manutenção e instrumentação, que devem orientar a execução dessas atividades, de modo a assegurar um adequado aproveitamento das estruturas construídas, respeitando as necessárias condições de segurança.

- **Volume VIII - Guia Prático de Pequenas Barragens,** no qual se descrevem procedimentos práticos de operação e manutenção inspeção e de emergência para barragens de terra de até 15 metros de altura e volume de até 3 hm^3.

Observa-se que o Volume destacado acima se refere ao assunto desenvolvido no presente documento.

O presente manual deve ser entendido como um documento evolutivo, devendo ser revisado, complementado, adaptado ou pormenorizado, de acordo com a experiência adquirida com sua aplicação e de acordo com a evolução da tecnologia disponível e a legislação vigente.

Manual do Empreendedor **Volume VIII** **Guia Prático de Pequenas Barragens** **Revisões**		
Revisão Nº	**Data**	**Registro das Revisões**
0	--/--/--	Primeira edição publicada e disponibilizada na página eletrônica da ANA (introduzir o link)

MANUAL DO EMPREENDEDOR

VOLUME VIII

GUIA PRÁTICO DE PEQUENAS BARRAGENS

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
ASTM – American Society for Testing and Materials
CNRH – Centro Nacional de Recursos Hídricos
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
LI – Licença de Implantação
LO – Licença de Operação
LP – Licença Prévia

MANUAL DO EMPREENDEDOR
VOLUME VIII

GUIA PRÁTICO DE PEQUENAS BARRAGENS

1 INTRODUÇÃO

O que é o Guia Prático de Pequenas Barragens?

O presente guia é, essencialmente, um guia prático de operação, manutenção e inspeção de pequenas barragens de terra, destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, de altura inferior a 15 m e com um volume do reservatório até 3×10^6 m^3, de perfil homogêneo ou zoneado, com vertedouro em lâmina livre e descarregador de fundo. Destina-se a ser utilizado pelo empreendedor/operador, no campo, no seu dia-a-dia. Inclui ainda um conjunto de recomendações relativas ao projeto e à construção destas pequenas barragens.

Com o objetivo de auxiliar o empreendedor na gestão da segurança da barragem, a Lei nº 12.334/2010 definiu, como um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, o Plano de Segurança da Barragem, que deve incluir a documentação de operação, manutenção, monitoramento, inspeção e ações de emergência em caso de ruptura da barragem.

Para que serve?

O presente guia é um documento que pretende indicar ao empreendedor/operador as tarefas a serem realizadas no campo visando a operação, a manutenção e o controle das condições de segurança e de funcionalidade da sua pequena barragem de terra ao longo da sua vida útil, através da realização de ações de manutenção e de inspeções. Em anexo é ainda apresentado um conjunto de recomendações sobre aspetos essenciais do projeto e da construção deste tipo de barragens.

A quem se destina?

Interessa aos empreendedores e aos operadores deste tipo de pequenas barragens de terra, bem como aos responsáveis e técnicos, por eles contratados para a elaboração do projeto e a construção da barragem, e aos que compõem as suas Equipes de Segurança da Barragem.

Quais os conteúdos deste Guia?

Após um capítulo introdutório acerca das pequenas barragens de terra, nomeadamente, dos seus aspectos gerais, do conteúdo do seu projeto e dos requisitos legais para o seu licenciamento e outorga, este guia apresenta os guias de operação, de inspeções de segurança, de manutenção e de ações recomendadas em caso de emergência. Inclui ainda um roteiro com recomendações de dimensionamento e de construção deste tipo de pequenas barragens.

Como está estruturado este Guia?

O Guia está dividido em seis capítulos:

Capítulo 1 – "Introdução", no qual se define o âmbito e objetivos do Guia.

Capítulo 2 – "Antes de construir sua barragem", no qual se explica o que é e para que serve uma barragem e quais são e para que servem as suas principais componentes, quais os elementos mínimos do projeto e os respectivos requisitos legais.

Capítulo 3 – "Guia de Operação", no qual se descrevem os aspectos mais relevantes a atender na operação normal, em caso de cheias regulares e em caso de cheias excepcionais das pequenas barragens de terra.

Capítulo 4 – "Guia de de Inspeções", no qual se apresentam procedimentos, recursos e frequências para a realização das inspeções de rotina, regulares de segurança e especiais das pequenas barragens de terra.

Capítulo 5 – "Guia de Manutenção", onde se abordam os tipos de manutenção, as manutenções preventiva e corretiva e os recursos necessários para a sua execução em pequenas barragens de terra.

Capítulo 6 – "Guia de Procedimentos de Emergência", onde se indicam as situações de alerta e de emergência, os respectivos procedimentos, os telefones de contato e os meios necessários em pequenas barragens de terra.

Em Anexo apresentam-se: uma Ficha de Identificação de Características Gerais, um Modelo de Ficha de Inspeção Regular de Segurança, os Tipos de Anomalias Encontradas em Pequenas Barragens de Terra, o Planejamento e as Atividades de Manutenção Preventiva, as Atividades de Manutenção Corretiva, uma Ficha de Registro de Operação e Manutenção e Recomendações para o Projeto e Construção de Pequenas Barragens de Terra.

2 ANTES DE CONSTRUIR SUA BARRAGEM

a. O que é uma barragem?

Uma barragem é uma estrutura em um curso de água, permanente ou temporário, para fins de contenção ou acumulação de água, de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos. Podem ser construídas para irrigação, produção de energia elétrica, abastecimento público, regularização de cheias, contenção de resíduos sólidos, abastecimento de indústrias agropecuárias, piscicultura e recreação, entre outros.

No entanto, a criação de pequenos reservatórios está frequentemente associada a pequenas explorações agrícolas ou a abastecimento de pequenas comunidades, com orçamentos limitados para a caracterização do local de implantação, o projeto, a construção e a operação.

As principais componentes de uma barragem são a estrutura de retenção ou barramento, a sua fundação e as ombreiras, a zona vizinha a jusante, as estruturas extravasoras, as estruturas de adução e o reservatório. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta-se um squema de uma pequena barragem de terra.
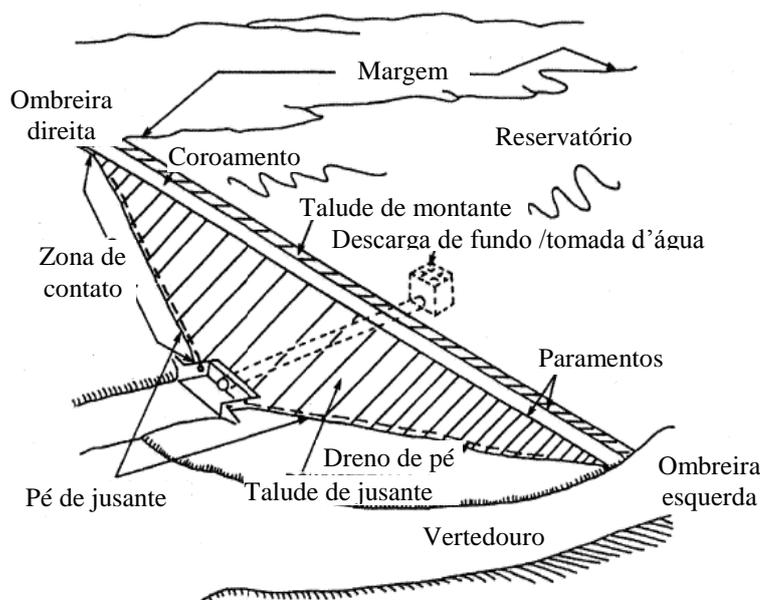
Figura 2.1 – Esquema de uma barragem de terra, do reservatório, do vertedouro e do descarregador de fundo/tomada d'água

O presente Guia aborda apenas as pequenas barragens de terra. Este tipo de barragens, quando devidamente projetadas e construídas, pode ser constituída por uma grande variedade de solos naturais. A possibilidade de adequação a grandes deformações sem ruptura e a elevada relação largura da base/altura que as caracteriza constituem fatores que recomendam este tipo de barragem para qualquer tipo de fundação, já que as tensões aplicadas ao terreno de fundação são bastante reduzidas e o trajeto da água infiltrada através da fundação é necessariamente longo.

O barramento é constituído por um aterro homogêneo ou zoneado, construído transversalmente ao curso de água e, conjuntamente, com a fundação e as ombreiras é responsável pela retenção da água.

A seção transversal do barramento é aproximadamente trapezoidal (Figura 2.2), sendo o lado maior o contato com o terreno natural, chamado de fundação, os lados inclinados designados por taludes ou paramentos, e o lado menor denominado de coroamento ou crista da barragem.
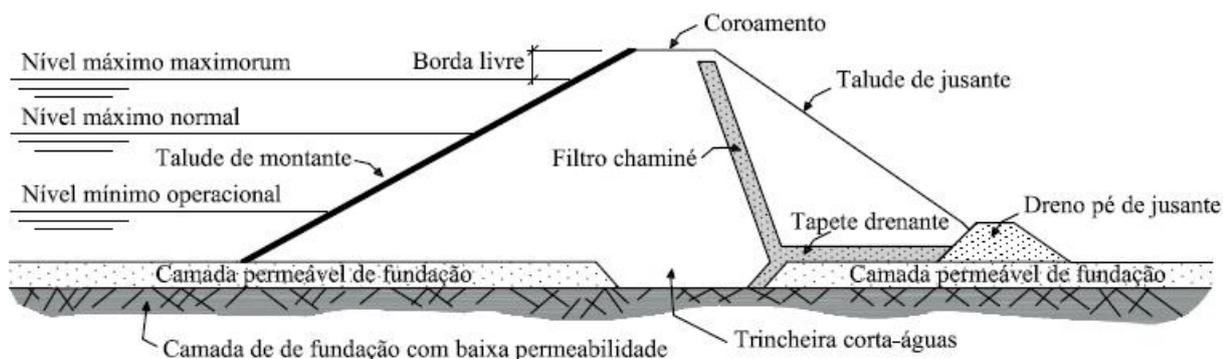
Figura 2.2 - Seção transversal de uma barragem de terra homogênea

A parte do barramento em contato com a água é chamada de paramento (ou talude) de montante, sendo o outro paramento, do lado oposto à água designado por paramento (ou talude) de jusante.

O coroamento (ou crista) liga transversalmente as duas margens e permite o acesso a vários dos componentes das barragens. O coroamento deve possuir inclinação para o reservatório, de modo a escoar a água das chuvas, e ser, eventualmente, coberto com um pavimento para permitir o tráfego de veículos.

As zonas da margens em contato direto com o barramento são denominadas de ombreiras, existindo uma na margem direita, designada de ombreira direita, e outra na margem esquerda, a ombreira esquerda. A margem direita de um curso de água, localiza-se à direita de um observador que olhe para o barramento a partir de montante e a margem esquerda será a margem oposta. As ombreiras, conjuntamente com a fundação e o barramento, devem assegurar a retenção de água no reservatório, pelo que não devem deixar passar a água represada. Para tal, deve existir uma boa ligação entre as ombreiras e o barramento.

Os paramentos das barragens têm que ser protegidos: o de montante do efeito das ondas que se formam no reservatório sob a ação do vento e o de jusante da ação da água das chuvas.

Na proteção do paramento de montante usa-se, em geral, enrocamento (blocos de pedra) lançado, e no de jusante usam-se coberturas vegetais ou enrocamento de dimensões inferiores ao adotado a montante. A erosão no contato entre o aterro e as ombreiras também deve ser controlada através da colocação de valetas.

As barragens de perfil homogêneo são geralmente construídas com solos argilosos. Algumas dispõem de uma zona drenante, vertical ou inclinada ao longo de praticamente toda a sua altura, chamada de filtro chaminé, prolongado na horizontal por um tapete drenante, na zona de contato com a fundação, e por um prisma de blocos de pedra (chamados de enrocamento) na zona do talude de jusante em contato com a fundação. Estas zonas drenantes constituem o sistema de

drenagem interna da barragem e servem para conduzir a água que atravessa a zona de montante do barramento, da fundação e das ombreiras para jusante sem provocar danos na barragem.

As barragens de perfil zoneado (Figura 2.3) são constituídas por uma zona central de solos argilosos, chamada de núcleo, e por zonas laterais de solos não argilosos, designadas por maciços estabilizadores. O filtro chaminé é colocado entre o núcleo e o maciço estabilizador de jusante.
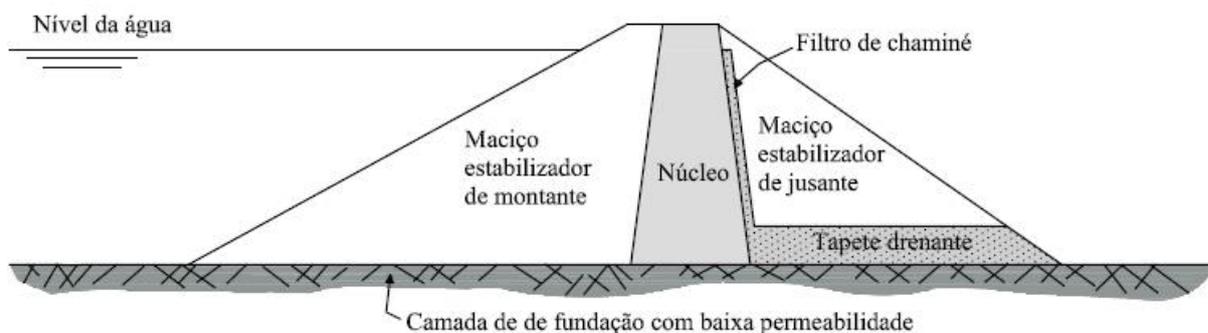
Figura 2.3 - Seção transversal de uma barragem de terra zoneada

As barragens de aterro são muitas vezes construídas sobre formações que se deixam atravessar pela água. É, então, necessário usar trincheiras ou valas de vedação. Estas trincheiras são executadas escavando até uma camada impermeável. Posteriormente, faz-se o seu preenchimento com material compactado igual ao utilizado para a construção da zona impermeável do barramento.

As estruturas extravasoras de pequenas barragens de aterro são constituídas por vertedouros de superfície, sem comportas, para a evacuação de cheias, e por descargas de fundo para o esvaziamento do reservatório.

Os *vertedouros de cheia* são constituídos por (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**): i) uma *obra de aproximação*, normalmente constituída por escavações e, frequentemente, por muros de guiamento, (ii) uma *soleira* que, em função do nível no reservatório, controla a vazão do vertedouro, (iii) um canal ou conduto, que encaminha a vazão descarregada para jusante da barragem e (iv) uma *obra de dissipação de energia*, onde se promove a dissipação da energia do escoamento em excesso relativamente às condições de escoamento no leito do curso de água na zona de restituição.

A cota da soleira do vertedouro coincide com o nível máximo normal da barragem. Durante uma cheia o nível da água ultrapassa esta cota, escoando-se a água livremente através do vertedouro. O nível máximo que se prevê que a água atinja durante uma cheia é designado por nível máximo maximorum. Adiferença entre a cota do coroamento da barragem e o nível máximo maximorum é designada de borda livre. Assim, o vertedouro deve ser capaz de permitir a passagem da cheia afluente de projeto sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre.

Para assegurar a qualidade da água e garantir a sobrevivência das espécies no reservatório, é complementarmente definido o nível mínimo operacional. Este nível só deve ser transposto em condições de emergência do barramento.
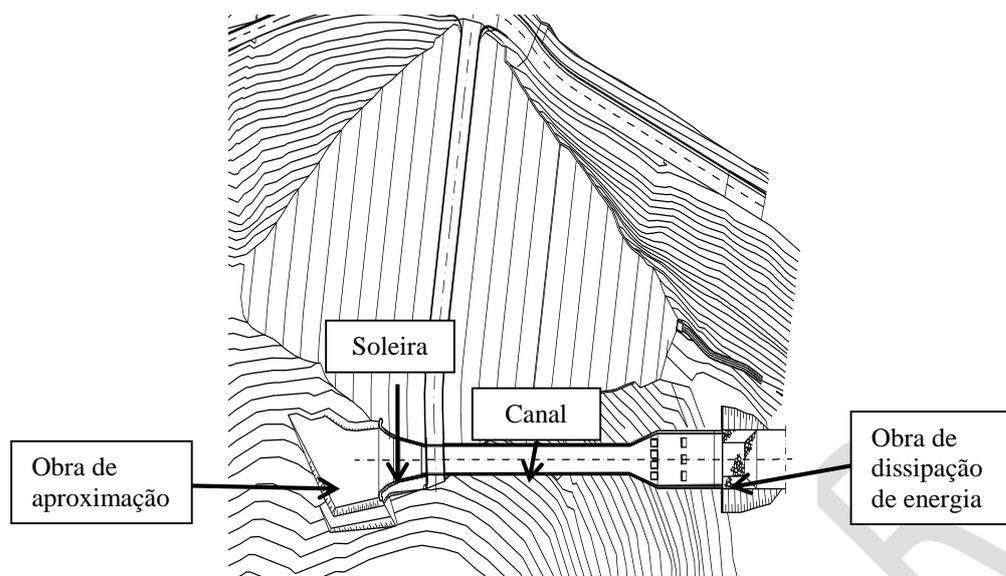
Figura 2.4 – Planta esquemática de vertedouro em canal de encosta e bacia de dissipação de energia

As *descargas de fundo* são equipadas com uma comporta para a operação normal, podendo ainda dispor de uma comporta adicional de segurança. São, na sua grande maioria, em conduto inserido na fundação da barragem. Para controle, esta tubulação deverá ter origem em uma estrutura de concreto armado, por exemplo, em uma torre de tomada d'água ou numa estrutura denominada "monge" e terminar numa bacia de dissipação.

Figura 2.5 – a) Torre de tomada d'água; b) monge

Para permitir o uso da água do reservatório para qualquer fim, as barragens dispõem de tomada d'água, podendo, em pequenas barragens, a tomada d'água e a descarga de fundo serem uma mesma estrutura.

Para assegurar a conservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais, o desenvolvimento e a produção das espécies aquícolas com interesse desportivo ou comercial, assim como a conservação e manutenção dos ecossistemas ribeirinhos, é necessário assegurar uma determinada vazão no curso de água a jusante do barramento, designada como *vazão sanitária*. Para tal, deve recorrer-se a uma tubulação independente ou utilizar a descarga de fundo/tomada d'água.

As *comportas planas de jato cheio* figuram entre os equipamentos hidromecânicos mais utilizados em pequenas barragens (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**a). A manobra ode ser manual, através de um volante ou de uma manivela. Aplicam-se na extremidade de montante de condutos de seção inicial retangular.
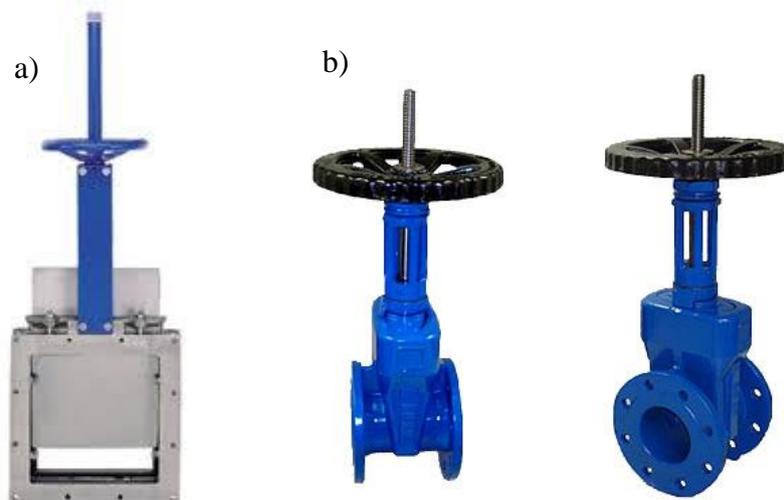
Figura 2.6 – a) Comporta de jato plano; b) registros de Gaveta

Os Registros de Gaveta (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**b) aplicam-se a condutos e seção circular, podendo ser instaladas em qualquer seção intermédiária ou na sua seção terminal. São adequadas à regulação de vazão e na posição de abertura total não interferem com o escoamento. A sua manobra pode ser manual, através de um volante.

As *válvulas cônicas*, de jato oco ou do tipo Howell-Bunger (**Erro! Fonte de referência não ncontrada.**) são muito utilizadas em descargas de fundo, sendo instaladas na extremidade de jusante do conduto. A abertura efetua-se por recuo (para montante) de uma manga cilíndrica, que, na posição de fecho, encosta à base do cone. O acionamento é realizado por intermédio de um servomotor acionado por um grupo de bombagem de óleo ou por intermédio de um atuador elétrico.
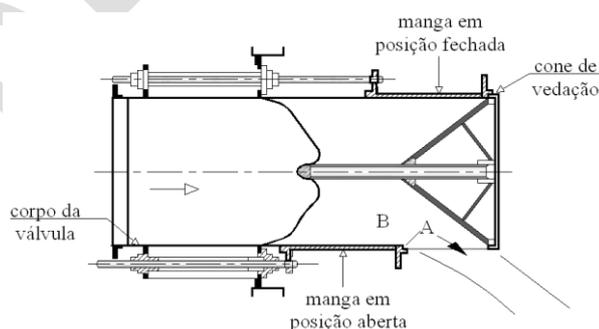
Figura 2.7 – Válvula de jato oco

b. Elementos mínimos do projeto

Os projetos de pequenas barragens deverão conter os seguintes elementos:

i. *Levantamento planialtimétrico da área a ser inundada pelo reservatório*, com a estimativa do volume do reservatório e a localização da barragem;

ii. *Estudos hidrológicos*, com a determinação da vazão de máxima de cheia e dos volumes de regularização do reservatório com base em precipitações, associadas a uma duração e a uma probabilidade de excedência, e nas características da bacia hidrográfica;

iii. *Dimensionamento hidráulico* do vertedouro, do descarregador de fundo e da tomada d'água com base nos estudos hidrológicos, com a determinação da curva de vazão do descarregador de fundo e do tempo de esvaziamento do reservatório;

iv. *Reconhecimento do* terreno *de fundação e do reservatório* por trincheiras, poços ou sondagens e pesquisa de surgências e sobre amostras indeformadas e ensaios *in situ* para determinação das características de resistência ao cisalhamento e de permeabilidade;

v. *Estudo das jazidas* disponíveis *para a construção*, com a indicação dos locais de empréstimo e a avaliação dos respectivos volumes, e com os resultados dos ensaios laboratoriais, designadamente, de identificação e de compactação;

vi. *Dimensionamento estrutural*, com a justificação da geometria da barragem (cota e largura do coroamento, borda livre, inclinação dos taludes, altura da barragem e características e dimensões dos diferentes tipos de maciços constituintes) e a proposta de um plano simplificado de segurança da barragem;

vii. *Levantamento da zona a jusante da barragem afetada pela ruptura da barragem*, com a estimativa da cheia induzida pela ruptura da barragem e a caracterização do vale a jusante;

viii. *Medidas mitigadoras dos impactos ambientais*, que incluam a recuperação das áreas de empréstimo, a proteção do reservatório em relação ao assoreamento e a alteração da qualidade da água.

c. Requisitos legais

A construção de uma barragem, ainda que pequena, gera interferências no meio ambiente. Essas interferências e sua magnitude estão diretamente ligadas a dois fatores: o porte do empreendimento e a sua localização.

Dessa forma, o empreendedor que pretenda construir uma barragem, deve, inicialmente, procurar o órgão ambiental responsável para obter as diretrizes para o licenciamento ambiental, bem como consultar o órgão gestor de recursos hídricos, caso o órgão ambiental não desempenhe essa função, para obter informações de disponibilidade hídrica e de procedimentos administrativos para a outorga do barramento.

Geralmente, as licenças ambientais são ordenadas em três estágios distintos:

i. *Licença Prévia* (*LP*), por meio da qual o empreendedor recebe um certificado atestando a viabilidade ambiental da localização e concepção geral do seu projeto.

ii. *Licença de Implantação* (*LI*), por meio da qual o empreendedor obtém, após as verificações necessárias, a autorização para construção.

iii. *Licença de Operação* (*LO*), que autoriza, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada, de acordo com o previsto nas *Licenças Prévia* e *de Instalação*.

Para a obtenção da licença prévia de um empreendimento, o interessado deverá procurar o órgão ambiental competente, ainda na fase preliminar de planejamento do projeto. Inicialmente, o órgão ambiental definirá, com a participação do empreendedor, os documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento. Em seguida, o empreendedor contratará a elaboração dos estudos ambientais, que deverão contemplar todas as exigências determinadas pelo órgão licenciador. Registre-se que, muitas vezes, dependendo do porte do empreendimento e da sua localização, o processo de licenciamento ambiental é simplificado.

Já a outorga, que é concedida pelo órgão gestor de recursos hídricos, visa assegurar o uso racional e eficiente das águas, para os diversos usos a que se destinam, compatibilizando as demandas às disponibilidades hídricas nas respectivas bacias hidrográficas.

Na construção de barragens, quando as acumulações de volume de água alterarem o regime de vazões, é necessário requerer a outorga junto ao órgão competente. Sempre que o uso dos recursos hídricos alterar o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água, será necessário requerer outorga. Não será necessário naquelas intervenções que promovam somente alterações de nível ou de velocidade do corpo hídrico, por não alterarem o regime de vazões, como, por exemplo, nos casos de passagens molhadas, dutos e outras interferências hidráulicas como diques, canalizações e soleiras de nível.

Para mais informações, ver a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (*CNRH*) nº. 37/2004, que estabelece diretrizes para a outorga de recursos hídricos para a implantação de barragens em corpos de água de domínio dos Estados, do Distrito Federal ou da União.

3 GUIA DE OPERAÇÃO

As pequenas barragens de terra são utilizadas geralmente para irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal. A operação dessas barragens corresponde, em geral, às rotinas para manutenção dos níveis d'água ou das vazões a jusante adequados ao atendimento dos usos que são feitos e das condições de segurança da barragem.

Para operação das barragens abrangidas por este guia, os únicos componentes sob controle do empreendedor são a descarga de fundo e a tomada d'água.

A descarga de fundo permite o esvaziamento do reservatório e a liberação da vazão que pereniza o rio barrado e, às vezes, é utilizada ao longo da calha do rio.

Já a tomada d'água, quando separada da descarga de fundo, permite retirar do reservatório a água utilizada pelo empreendedor para atender suas necessidades, mas que não se dirige à calha do rio.

A vazão que pereniza o rio barrado e, as vezes, é utilizada ao longo da calha do rio, chamada de vazão sanitária, pode ser liberada por uma tubulação independente, pela tomada d'água ou pela descarga de fundo.

O vertedouro em lâmina livre não permite qualquer controle operacional para o empreendedor. Apesar de parecer estranho, essa situação reduz o risco de acidentes com barragens, uma vez que elimina o controle humano sobre vazões excedentes à capacidade da barragem.

São 3 as condições de operação das barragens:

- Operação normal;
- Operação em caso de cheias regulares;
- Operação em caso de cheias excepcionais.

a. Operação normal

É a situação mais comum ao longo da vida útil da barragem. Nessa situação, o reservatório está parcial ou totalmente cheio, com seu nível da água abaixo de 1 metro da cota do coroamento e acima do nível mínimo operacional.

A operação da barragem é realizada por fechamento ou abertura da tomada d'água, que pode coincidir com a descarga de fundo, em função da necessidade de utilização dessa água pelo empreendedor.

É sempre recomendável manter a tubulação da vazão sanitária aberta, ou se esta não existir a tomada d'água, pelo menos 20% aberta, visando a perenizar o rio e, assim, reduzindo impactos ambientais.

Pouco antes da entrada do período chuvoso, o empreendedor deve procurar baixar o nível da água do reservatório até próximo do nível mínimo operacional, para poder se precaver de uma eventual cheia excepcional que pode causar danos à barragem ou às estruturas rio abaixo.

Em condições de operação normal, o empreendedor deve:

1. Ler e registrar diariamente *o nível d'água do reservatório*.
2. Testar a *abertura e fechamento da descarga de fundo* pelo menos 1 vez a cada 2 meses.
3. Registrar as *manobras da descarga de fundo*, bem como qualquer ocorrência no decurso da operação, tais como encravamento, dificuldades na abertura e no fechamento e erosões a jusante após a sua operação.
4. Inspecionar o *vertedouro* e o *canal de restituição*, visando a identificar obstruções que devem ser corrigidas antes da próxima cheia.

b. Operação em caso de cheias regulares

Durante o período chuvoso anual, ou após alguma chuva forte fora de época, o nível da água da barragem pode subir, sendo necessário liberar parte do volume acumulado, de forma a preservar sua segurança.

Estas operações devem ser iniciadas, mesmo antes da ocorrência de cheias, sempre que sejam previstas cheias intensas na região pelos serviços meteorológicos competentes.

A operação nesse caso também é limitada pela tomada d'água. No entanto, quando o nível da água subir acima do nível máximo normal, que coincide com a cota da soleira do vertedouro, o excesso será liberado automaticamente pelo vertedouro.

Em condições de operação em caso de cheias regulares, o empreendedor deve:

1. Ler e registrar *o nível d'água do reservatório*.
2. Abrir 100% a *tomada d'água* enquanto o nível da água estiver subindo.
3. Observar e acompanhar a *descarga pelo vertedouro*, com o objetivo de detectar o galgamento de muros laterais, a erosão do canal quando não revestido, as condições do escoamento na bacia de dissipação, na zona a jusante do vertedouro e junto ao pé de jusante da barragem, e a obstrução por detritos flutuantes ou por deslizamento de terras do vertedouro.
4. Retornar a *tomada d'água* para a abertura normal após o nível da água parar de subir.
5. Inspecionar o *vertedouro* e o canal de restituição após o término do evento de cheia, visando a identificar problemas estruturais ou obstruções que devem ser corrigidos antes da próxima cheia, na primeira oportunidade.

c. Operação em caso de cheias excepcionais

Em algumas situações, as cheias que chegam ao reservatório são bastante superiores às cheias regulares para os quais as barragens foram projetadas, levando a uma condição de cheia que ocupa quase todo o vertedouro, a um nível da água no reservatório superior ao nível máximo maximorum e correndo-se o risco de galgamento da barragem. Trata-se de uma situação de emergência em potencial e que deve ser tratada com muita seriedade.

Do ponto de vista da operação da barragem, o empreendedor deve:

1. Ler e registrar *o nível d'água do reservatório*.
2. Isolar o *acesso à barragem,* logo que o nível da água ultrapassar o nível máximo maximorum.
3. Abrir 100% a *tomada d'água* e a *descarga de fundo* sempre que esta constitua uma estrutura independente.
4. Observar e acompanhar a *descarga pelo vertedouro,* com o objetivo de detectar o galgamento de muros laterais, a erosão do canal quando não revestido, as condições do escoamento na bacia de dissipação, na zona a jusante do vertedouro e junto ao pé de jusante da barragem, e a obstrução por detritos flutuantes ou por deslizamento de terras do vertedouro.
5. Retornar a *tomada d'água* e a *descarga de fundo* para seu padrão de abertura após o encerramento da situação de cheia.
6. Inspecionar o *vertedouro,* o *canal de restituição* do vertedouro, da *tomada d'água* e da *descarga de fundo* e o *pé de jusante* da barragem após o término do evento de cheia, visando a identificar problemas estruturais ou obstruções que devem ser corrigidos antes da próxima cheia, na primeira oportunidade.

Cheias excepcionais podem causar também impactos significativos à população porventura residente rio abaixo. Portanto, no caso de existência de população residente ou áreas industriais ao longo de 10 km rio abaixo, logo que o nível da água no reservatório ultrapassar o nível máximo maximorum, o empreendedor deve:

1. Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.
2. Avisar a população residente ao longo da calha do rio sobre a passagem da cheia, orientando-os a ficar de prontidão para eventual evacuação ou remoção de pertences.
3. Avisar o proprietário da primeira barragem situada rio abaixo, caso existente.

4 GUIA DE INSPEÇÕES

As inspeções de barragens são ferramentas fundamentais na gestão da sua segurança e da sua funcionalidade. A atividade de inspeção, sendo simples do ponto de vista logístico, é fundamental, devendo ser realizada periodicamente e com método. Por regra, sempre que nas inspeções forem detectadas anomalias relevantes, deve proceder-se à manutenção corretiva.

As inpeções de barragem devem ser feitas por agentes com treinamento adequado e com conhecimentos básicos sobre o funcionamento da barragem e sobre o tipo de anomalias que podem ocorrer.

É necessário ter presente que muitas anomalias, que quando detectadas são consideradas pequenas e pouco importantes, podem ter evoluções rápidas e tornar-se causa de acidente. Por outro lado, é muito importante saber quando ocorreu determinada anomalia, pelo que o registro da inspeção deve conter indicação explícita de tudo o que foi inspecionado, existam ou não, deteriorações.

a. Tipos de inspeção e frequências recomendadas para inspeções de pequenas barragens

As inspeções visuais são, como se disse, essenciais no âmbito do controle de segurança das pequenas barragens. Para que possam ser efetivamente úteis têm de ser realizadas de forma sistemática e regular.

Devem ser distinguidos três diferentes tipos de inspeção: de rotina, inspeção regular e inspeção especial.

Inspeção de rotina

A primeira, de *rotina*, é uma atividade frequente, mais ligeira, que se destina a apreciar o estado geral da barragem, a detectar a ocorrência de novas anomalias e a acompanhar a evolução de anomalias anteriormente registradas. Deverá ser realizada conjuntamente com as atividades de manutenção preventiva, como previsto no Planejamento das Atividades de Inspeção de Rotina e de Manutenção Preventiva incluído no Anexo 4. Os agentes a quem cabe a inspeção visual de rotina devem, assim, estar atentos à ocorrência de qualquer alteração relativamente ao estado anterior da obra.

A frequência recomendada para as inspeções de rotina é mensal.

Inspeção regular de segurança

Um segundo nível de inspeções, designado como *inspeção regular*, corresponde a um grau de detalhe superior, requerendo-se uma descrição de cada um dos aspectos a inspecionar, a medição, sempre que possível, das dimensões da anomalia, e uma classificação da anomalia em termos históricos (nova, sem ou com evolução) e de prioridade de intervenção (situação de alerta ou de emergência, de atenção, potencialmente grave e sem gravidade).

A frequência indicada para as estas inspeções é semestral, recomendando-se que uma inspeção seja realizada no início da estação seca e outra no início da estação úmida para apreciação da segurança da barragem com distintos níveis de água no reservatório e condições de vegetação.

No âmbito desta inspeção, no início da estação úmida deve-se, entre outras ações previstas:

- avaliar o assoreamento e a vegetação no reservatório;
- avaliar a proteção dos taludes contra as ações erosivas das águas pluviais;
- verificar as condições do sistema de drenagem superficial;
- verificar as condições de operação do(s) vertedouro(s), do descarregador de fundo e da tomada d'água.

No início da época seca, entre outras ações de inspeção, deve-se:

- verificar o estado do vertedouro, com incidência nas zonas de saída;
- verificar, em especial no paramento de jusante, da ocorrência de surgências ou vazões excessivas;
- avaliar o estado dos paramentos da barragem e ombreiras (ocorrência de erosões superficiais, trincas ou deslizamentos).

Inspeção especial

Para além destas inspeções de caráter regular, sempre que algum evento excepcional ocorra, especialmente grandes cheias, dever-se-á, durante a sua ocorrência, verificar as condições de funcionamento do(s) vertedouro(s), e após a sua ocorrência realizar uma inspeção muito detalhada em particular ao vertedouro e às zonas com ele confinantes e ao pé de jusante da barragem, com vista à detecção de erosões.

b. Ficha de inspeção para barragens de terra

Em resultado de cada inspeção deve ser elaborada uma ficha de registro, que conterá todos as componentes inspecionadas e também a indicação da evolução de quaisquer anomalias anteriormente detectadas.

Os aspectos a verificar são descritos na "Ficha de inspeção regular de segurança de pequenas barragens de terra", incluída no Anexo 2. Trata-se de uma ficha de caráter genérico, que procura atender às configurações mais comuns das pequenas barragens. No entanto, cada empreendedor deve adaptar esta ficha à sua barragem, acrescentando ou elimando itens, conforme adequado.

Na ficha de registro deve sempre ser anotado o nome do responsável pela inspeção, a data da inspeção, o nível d'água no reservatório e as condições metereológicas atuais e nos dias anteriores.

Como se referiu, para além do registro das anomalias é essencial procurar quantificar na ficha a sua evolução. Assim, cada anomalia deve ser classificada, de acordo com a sua dimensão, com a sua evolução e com a prioridade de intervenção requerida.

A *dimensão* deverá conter medidas da anomalia, para se detectar qualquer evolução. Deste modo, e a título de exemplo, nas trincas deve ser medida o seu comprimento, abertura e desnível, nas depressões indicada a sua configuração em planta e o seu recalque máximo e na borda livre indicado o valor estimado.

Para a classificação da *evolução* da anomalia deve comparar-se os dados das inspeções anteriores com os obtidos na inspeção atual, e indicar se se trata de uma anomalia *nova*, quando detectada pela primeira vez, *sem evolução*, quando exibe as características reportadas na inspeção anterior, ou *com evolução*, quando apresenta desenvolvimento de alguma das suas características.

Por último, deve ser realizado um juízo sobre a prioridade de intervenção de acordo com a seguinte classificação:

E – situação de alerta e de emergência, obrigando à implementação das ações recomendadas em caso de emergência;

A – situação de atenção, que se admite poder ser controlada sem necessidade de implementação das ações de emergência, obrigando à mobilização de um engenheiro de barragens e eventualmente de meios exteriores;

1 – *situação potencialmente grave*, a resolver no imediato, podendo necessitar da intervenção de um engenheiro de barragens;

2 – *situação sem gravidade*, a resolver na primeira oportunidade (em curto prazo) com os meios existentes no local e dispensando a intervenção de um engenheiro de barragens.

c. Recursos necessários para realização das inspeções

O material necessário para as inspeções consiste em:

- ficha de registro da inspeção anterior;
- ficha para registro da inspeção atual e caneta, com uma planta esquemática da barragem para anotações;
- máquina fotográfica;
- em certos casos, em especial quando as barragens são muito extensas, binóculos;
- uma régua pequena (graduada em mm) para medição de pequenos deslocamentos ou trincas e que pode servir de escala para fotos);
- uma fita métrica de 20 ou 50 m;
- pequena garrafa (de plástico transparente) para verificação da turvação da água e eventual coleta de amostras de água.

d. Roteiro das inspeções

As inspeções visuais das pequenas barragens de terra devem envolver toda a superfície da barragem (coroamento e paramentos), a sua zona envolvente (ombreiras, inserção no maciço de fundação e zona imediatamente a jusante da barragem) e, quando se justifique, as vertentes do reservatório em zonas previamente identificadas como potencialmente instáveis.

As inspeções devem ser realizadas de acordo com um percurso determinado (de preferência definido na inspeção de referência), para que a sequência dos aspectos e dos locais a inspecionar se mantenha de inspeção para inspeção, e ter em conta os registros efetuados em inspeções anteriores.

Devem ser anotados o nível do reservatório a montante, o estado do tempo no dia da inspeção e nos dias anteriores (dado que, a ocorrência de chuva, ou de tempo muito seco, pode afetar as conclusões a tirar) e as anomalias encontradas, bem como proceder ao registro fotográfico.

A observação de pormenor deve naturalmente ser feita a curta distância. No entanto, há situações e alterações face ao estado precedente cuja observação deve ser feita à distância, como acontece, por exemplo, com distorções da superfície do aterro, alterações sutis da vegetação ou manchas de umidade.

Deste modo, antes da inspeção pormenorizada da barragem, deve ter-se uma *visão global* da mesma onde se identificarão as zonas com aspecto diferente das restantes. O percurso a percorrer deve incidir, também, nas zonas de características particulares identificadas na vista global. Se pertinente, devem ser anotados em planta da obra os pontos visitados/inspecionados.

Na detecção de deslocamentos (verticais ou horizontais) é ainda adequada a utilização de certos alinhamentos como referência, de que é exemplo a linha de água no reservatório. A interseção do plano da água do reservatório com o paramento de montante em barragens de eixo retilíneo deve ser uma linha reta. A sua curvatura (Figura 4.1) pode indicar a ocorrência de erosões ou de movimentos do talude.

Figura 4.1 – Curvatura na linha de interseção do espelho de água com o paramento de montante

d. Execução das inspeções

Como se referiu, as inspeções visuais visam à detecção de sinais ou evidências de deteriorações da barragem. Para o efeito, torna-se necessário identificar os tipos de deficiências que ocorrem geralmente em barragens de aterro e avaliar a incidência dessas deficiências na segurança da barragem.

As anomalias observadas em barragens de terra enquadram-se nos seguintes tipos: borda livre insuficiente, percolação, fendilhação, perda de estabilidade dos paramentos ou dos taludes do reservatório, depressões (recalques e abatimentos), problemas de manutenção (proteção inadequada de paramentos, erosão superficial devida à água das chuvas, crescimento excessivo de vegetação e buracos de animais) e deteriorações ou obstruções de estruturas hidráulicas. As patologias mais graves e mais frequentes em pequenas barragens de terra estão relacionadas com o galgamento devido à insuficiência da borda livre, a erosão e obstruções dos vertedouros e a problemas de erosão interna.

As anomalias estão indicadas no Anexo 3.

5 GUIA DE MANUTENÇÃO

Um adequado programa de manutenção protege a barragem contra a deterioração, prolonga a sua vida e reduz grandemente a probabilidade de ruptura. O custo das tarefas de manutenção realizadas no tempo adequado é reduzido se comparado com os custos de correção de patologias, de prejuízos ou disputas devidos a perdas de água ou a uma ruptura.

a. Tipos de manutenção

A manutenção é o conjunto de tarefas destinadas a manter a barragem em adequadas condições de segurança e de funcionalidade. Em geral, distinguem-se dois tipos de manutenção: a preventiva e a corretiva.

Define-se como manutenção preventiva aquela que é efetuada correntemente, antes da ocorrência de uma dada anomalia (visando evitá-la), ao passo que que a manutenção corretiva corresponde aos trabalhos de reparação na sequência da detecção de deteriorações.

Todas as atividades de manutenção deverão ser anotadas na *Ficha de Programação e Registro de Operação e Manutenção* apresentada no Anexo 6, acompanhada de esquemas e de fotografias, com indicação da data de intervenção, das condições atmosféricas e dos intervenientes. Deste modo, o acompanhamento e a interpretação do comportamento da barragem serão muito facilitados.

b. Manutenção preventiva

Os problemas ou situações mais frequentes necessitando de manutenção são a deterioração do coroamento, as falhas na proteção na zona superior do paramento de montante, as falhas na proteção do paramento de jusante, a obstrução parcial ou total do sistema de drenagem superficial (calhas), o ravinamento dos paramentos, o crescimento de vegetação arbustiva no coroamento e nos paramentos, a erosão do vertedouro e da zona de saída do verterdouro e do descarregador de fundo, e a perda de funcionalidade dos registros dos descarregadores de fundo/tomada d'água.

São necessárias ações de manutenção preventiva no corpo do aterro, nas ombreiras, na zona a jusante, no(s) vertedouro(s), no descarregador de fundo e na tomada d'água, bem como no próprio reservatório e na bacia hidrográfica na proximidade imediata do reservatório.

Para garantir a eficácia de aplicação das atividades correntes de manutenção deve cumprir-se o *Planejamento das Atividades de Manutenção Preventiva* apresentado no Anexo 4. Neste planejamento elencam-se as tarefas, a periodicidade, a época do ano mais adequada à sua realização e estabelece-se a respectiva prioridade.

c. Manutenção corretiva

Quando da realização de inspeções ou durante as tarefas de manutenção preventiva, alguns problemas podem ser identificados na barragem e necessitam de uma atuação imediata para sua correção.

Os problemas ou situações mais frequentes necessitando de manutenção corretiva são: borda livre insuficiente, percolação, fendilhação, perda de estabilidade dos paramentos ou dos taludes do reservatório, depressões (recalques e abatimentos), problemas de manutenção (proteção inadequada de paramentos, erosão superficial devida à água das chuvas, crescimento excessivo de vegetação e buracos de animais), deteriorações ou obstruções de estruturas hidráulicas, crescimento de plantas aquáticas e sedimentação excessiva do reservatório. De entre as patologias mais graves, as mais frequentes em pequenas barragens de terra estão relacionadas com o galgamento e com a erosão interna.

As operações de manutenção corretiva (reparação) de uma barragem podem decorrer na sua superfície (coroamento e paramentos), na zona envolvente (ombreiras, inserção no maciço de fundação e zona imediatamente a jusante da barragem) e nas vertentes do reservatório em zonas específicas, bem como no reservatório. Constituem a resposta especializada após detecção de anomalias relevantes no decurso de uma inspeção. A relevância de uma anomalia decorre da natureza (tipo), da dimensão e (taxa de) evolução recente.

As tarefas de manutenção corretiva agrupadas segundo o tipo de anomalia e identificadas com um código de referência indicativo da prioridade de intervenção são descritas no Anexo 5.

d. Recursos necessários para a execução das manutenções

A maioria das manutenções, sejam preventivas ou corretivas, podem ser realizadas pela equipe de campo do próprio empreendedor. São tarefas, em geral, de fácil execução, que podem ser realizadas por um pedreiro e um servente.

Tarefas mais complicadas requerem o acompanhamento de um engenheiro, e estão indicadas por meio de um desenho como da figura ao lado.

Em relação aos recursos materiais, é importante que o empreendedor disponha, ou tenha fácil acesso a:

Ferramentas:

- Ancinho;
- Bote;
- Betoneira;
- Calhas;
- Carrinho de mão (carriola);
- Carro para transporte dos resíduos;
- Compactador manual;
- Cordas;
- Enxada;
- Estacas de amarração;
- Foice;
- Flutuadores;
- Barco
- Luvas;

- Marreta;
- Mangueira;
- Máscara;
- Martelo;
- Material de carpinteiro;
- Nível de bolha;
- Pá;
- Picareta;
- Ponteiro de aço;
- Rede;
- Roçadeira;
- Enxadinha;
- Motoserra;
- Serrote;
- Conjunto Motobomba;
- Tesoura de poda;
- Trena;
- Utensílios para aquecer e aplicar o material betuminoso;

Materiais:

- Areia média;
- Argamassa;
- Brita nº 2;
- Calda de cimento ou equivalente;
- Concreto;
- Concreto magro;
- Espécies vegetais (arbustos de porte médio)
- Geotêxtil;
- Mástique;
- Material betuminoso;
- Pés de árvores de espécies frondosas;
- Produto para a eliminação dos cupins;
- *Rip-rap*;
- Sementes;
- Solo argiloso;
- Solo orgânico.

6 GUIA DE PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

Quando as pequenas barragens sofrem rupturas, a água represada pode ser liberada e provocar graves consequências. Este guia contém um conjunto de ações recomendadas em caso de emergência, que visa fundamentalmente socorrer as pessoas e proteger os bens em perigo, e que incluem medidas minimizadoras das consequências a jusante, a informação imediata dos responsáveis pela Defesa Civil e do regulador, o aviso aos operadores das barragens a jusante e à população a jusante, e, se possível, a promoção da descida do nível da água no reservatório.

O presente guia deverá ser seguido para as restantes pequenas barragens. Indica as possíveis situações de alerta e de emergência em face, respectivamente, de um *incidente* (anomalia suscetível de afetar, em curto ou longo prazo, a funcionalidade da obra e que implica a tomada de medidas corretivas) ou de um *acidente* (ocorrência excepcional cuja evolução não controlada é suscetível de originar uma onda de inundação), os procedimentos após a sua identificação, as ações preventivas e corretivas a serem executadas pelo empreendedor/operador em caso de situação de emergência, bem como os agentes a serem notificados dessa ocorrência.

a. Situações de alerta e de emergência

O presente guia aplica-se às *situações de alerta* (causadas por incidentes) *e de emergência* (provocadas por acidentes), as quais podem ser causadas por:

- por ocorrências excepcionais naturais exteriores à barragem (tempestades e cheias devido a precipitações intensas);
- pela ruptura de barragens a montante;
- pelas circunstâncias anômalas de comportamento identificadas como situações de alerta e de emergência (classificadas com a prioridade *E*) no guia de inspeções de segurança.

Em termos de ocorrências excepcionais naturais exteriores, as mais relevantes em pequenas barragens são as associadas a cheias causadas por precipitações intensas, devendo-se considerar que se atinge uma *situação de alerta* sempre que a borda livre de projeto não está garantida, ou sempre que esta é inferior a 1 m, ou ocorre ou está prevista a ocorrência de precipitação de grande intensidade na bacia hidrográfica da barragem com o nível da água no reservatório próximo do nível máximo normal. A *situação de emergência* deverá ser considerada sempre que ocorre, em qualquer local e com qualquer lâmina de água, galgamento da barragem.

Também a declaração de uma *situação de alerta e de emergência* em qualquer das barragens a montante deve corresponder a uma *situação de alerta e de emergência* na barragem em análise.

b. Procedimentos em situações de alerta e emergência em pequenas barragens

Em caso de eventos naturais extremos (chuvas intensas e cheias, etc):

Situação	Estado	O que fazer:
Nível da água subindo rapidamente (mais de 1 metro por hora)	Alerta	1 – Ficar de prontidão na barragem. 2 – Abrir a tomada d'água de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem.
Borda livre inferior a 1 m, em período seco	Alerta	1 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo até alcançar a borda livre de 1 m.
Borda livre inferior a 1 m em período chuvoso e nível da água continuando a subir	Alerta	1 – Ficar de prontidão na barragem. 2 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem. 3 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. 4 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo. 5 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.
Galgamento da barragem	Emergência	1 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil 2 – Avisar população que vive às margens do rio até 5 km a jusante 3 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo. 4 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas

Em caso de situações de alerta ou emergência da barragem de montante:

Situação	Estado	O que fazer:
Barragem de montante em estado de alerta	Alerta	1 – Avisar Coordenadoria Municipal de Defesa Civil 2 – Ficar de prontidão na barragem 3 – Abrir a tomada d'água se o nível do reservatório subir mais de 1 metro por hora. 4 – Abrir a descarga de fundo se o nível do reservatório ultrapassar o nível máximo maximorum. 5 – Fechar a descarga de fundo quando o nível do reservatório começar a baixar. 6 – Fechar a tomada d'água quando o nível atingir o nível máximo normal.
Barragem de montante em estado de emergência	Emergência	1 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil 2 – Avisar população que vive às margens do rio até 5 km a jusante 3 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo. 4 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.

Em casos de problemas de manutenção:

Situação	Estado	O que fazer:
Erosão no paramento de jusante evoluindo rapidamente	Alerta	1 – Mobilizar um engenheiro com experiência em barragem para uma avaliação da gravidade do problema. 2 – Ficar de prontidão na barragem. 3 – Avisar Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.
Descarga de fundo bloqueada durante o período seco	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente.
Descarga de fundo bloqueada durante o período chuvoso	Emergência	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente. 2 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.
Surgência no paramento de jusante e ombreiras com turvação da água Surgência com turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problema. 3 – Se a vazão da surgência aumentar ou a turvação da água aumentar, abrir a descarga de fundo e a tomada d'água. 4 – Se o problema se mantiver e não for possível descer o nível no reservatório passar para o estado de emergência.
Surgência na zona imediatamente a jusante com ou sem deposição de material carreado	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problema 3 – Se o material depositado aumentar rapidamente, abrir a descarga de fundo e a tomada d'água. 4 – Se o problema se mantiver e não for possível descer o nível no reservatório passar para o estado de emergência.
Surgência no contato do conduto da descarga de fundo com o aterro, apenas quando em pressão, quando não é possível fechar a descarga de fundo	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problema 3 – Se a vazão da surgência aumentar ou a existir turvação da água, passar para o estado de emergência.
Trincas transversais abaixo do nível máximo maximorum, quando o nível da água subir acima da cota da trinca e a água sair com pressão a jusante Trincas longitudinais horizontais nos paramentos	Alerta	1 – Abrir a descarga de fundo e a tomada d'água até o nível da água no reservatório ser inferior à cota da base da trinca. 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à descida do nível do reservatório indicada em 1. 3 – Se a vazão através da trinca aumentar ou aumentar a turvação e não for possível descer o nível no reservatório passar para o estado de emergência.

Situação	Estado	O que fazer:
Deslizamento profundo com redução significativa da borda livre, durante o período chuvoso e nível da água continuando a subir	Alerta	1 – Ficar de prontidão na barragem. 2 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem, se estiverem operacionais. 3 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. 4 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo. 5 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.
Aumento de abatimento com saída de água ou de materiais por qualquer ponto do barramento, fundação ou ombreiras	Alerta	1 – Abrir a descarga de fundo e a tomada d'água. 2 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 3 – Ficar de prontidão na barragem. 3 – Se a vazão aumentar ou aumentar a turvação e não for possível descer o nível no reservatório, passar para o estado de emergência.
Severos danos estruturais no(s) vertedouro(s) em concreto devido a subpressões durante o período chuvoso Inclinação do(s) muro(s) do(s) vertedouros durante o período chuvoso Danos estruturais devidos a galgamento do vertedouro durante o período chuvoso Redução da capacidade de vazão do vertedouro por perda de estabilidade de taludes durante o período chuvoso	Alerta	1 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem. 2 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 3 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problema. 4 – O vertedouro começar a descarregar e os danos se agravarem, passar para o estado de emergência.
Funcionamento inadequado da descarga de fundo por perdas de água, se não existir comporta a montante ou esta estiver avariada	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem. 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problema.

Situação	Estado	O que fazer:
Surgência no paramento de jusante e ombreiras com turvação da água Surgência com turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos Surgência na zona imediatamente a jusante com deposição de material carreado Surgência no contato do conduto da descarga de fundo com o aterro apenas quando em pressão, quando não é possível fechar a descarga de fundo Trincas transversais abaixo do nível máximo maximorum, quando o nível da água subir acima da cota da trinca e a água sair com pressão a jusante Trincas longitudinais horizontais nos paramentos Aumento de abatimento com saída de água ou de materiais por qualquer ponto do barramento, fundação ou ombreiras Severos danos estruturais no(s) vertedouro(s) em concreto devido a subpressões durante o período chuvoso Inclinação do(s) muro(s) do(s) vertedouros durante o período chuvoso Danos estruturais devidos a galgamento do vertedouro durante o período chuvoso Redução da capacidade de vazão do vertedouro por perda de estabilidade de taludes durante o período chuvoso	Emergência	1 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil 2 – Avisar população que vive às margens do rio até 5 km a jusante 3 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo. 4 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas

c. Telefones de contato para os casos de alerta e emergência

Manter esses telefones sempre atualizados!!!

1 – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil: _______________

2 – Defesa Civil Estadual: ________________

3 – Corpo de Bombeiros: _________________

4 – Proprietário da barragem ________ (rio abaixo):

5 – Agência Nacional de Águas:

5 – Órgão gestor de recursos hídricos estadual: __________________

d. Meios necessários

Para fazer face a situações de alerta e de emergência devem existir ou serem disponibilizados meios de comunicação, de fornecimento de energia, de alerta e de transporte terrestre para operações de alerta, equipamentos (gruas, caminhões, retro-escavadoras) e recursos materiais e humanos necessários à implementação das ações preventivas e corretivas previstas.

Sempre que seja necessário recorrer a recursos de entidades exteriores ao empreendedor, como municípios, este deve elencar os recursos a solicitar e estabelecer os contatos necessários para a sua pronta disponibilização em caso de alerta e de emergência.

Em emergências em período noturno, é importante que a barragem disponha de iluminação (projetores e material de iluminação) no coroamento, no paramento de jusante e no vertedouro.

e. Local de observação e equipe de gestão

Junto à barragem deve ser devidamente escolhido um local seguro que permita a visualização do vertedouro, do coroamento, do paramento de jusante e da zona a jusante da barragem, designado por *Local de Observação*, onde deverá permanecer em situação de alerta a equipe responsável pela gestão da situação de alerta e de emergência.

Esta equipe, devidamente coordenada pelo elemento de ligação da Defesa Civil ou pelo responsável do empreendedor, deverá recolher informações sobre a situação, coordenar as ações previstas, mobilizar os recursos e manter a comunicação com os agentes envolvidos no controle da situação de emergência (centros operacionais de Defesa Civil, Entidades Fiscalizadoras e responsáveis pela operação das barragens a montante e a jusante).

f. Condições de acesso à barragem

Numa emergência, a execução com sucesso de ações previstas pode depender de diversos fatores, nomeadamente da possibilidade de a equipe operacional chegar rapidamente e em segurança ao local para avaliar as condições operacionais e proceder a ações de alerta, caso necessário, e do transporte para o local da barragem de material e de equipamento necessário para proceder a intervenções de emergência consideradas indispensáveis.

Deste modo, deve ser garantido o acesso à barragem, sempre que possível, por ambas as margens do rio, executado um mapa com a localização dos acessos rodoviários e indicado se os mesmos são afetados pela cheia que resulta da eventual ruptura da barragem.

REFERÊNCIAS

Molle, F. e Cadier, E. (1992) – Manual do Pequeno Açude, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Secretari do Desenvolvimento Regional, Recife, Brasil.

SMEC (2005) – Draft Guidelines for Managing Small Dams. Appendix E. Small Dams Guidelines, SMEC International Pty.

ANEXO 1 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS BARRAGEM DE ....

Instruções: O empreendedor deve preencher essa ficha com as informações disponíveis, mantendo-a atualizada.

IDENTIFICAÇÃO		
Barragem	Nome	
	Código	
Localização	Estado	
	Município	
	Região hidrográfica	
	Bacia hidrográfica	
	Rio	
	Coordenadas	Latitude: Longitude:
	Estrada de acesso	
Empreendedor	Nome	
	Contato	
	Endereço postal	
	Telefone	Fixo: Celular:
	Fax	
	Email	
Técnico responsável	Nome	
	Contato	
	Endereço postal	
	Telefone	
	Fax	
	Email	
Projeto	Autor	
	Ano	
	Localização	
	Contato	
Construção	Construtor	
	Período de construção	
Exploração	Início	
Reservatório	Nível máximo normal (m)	
	Área para o nível máximo normal (ha)	
	Volume para o nível máximo normal ($10^3 m^3$)	
	Nível máximo maximorum (m)	
	Uso do reservatório	
	Área	

Bacia hidrográfica	Precipitação média anual	
	Cobertura vegetal	
	Tipo de relevo	
	Tipo de ocupação	
	Singularidades	
Barragens associadas	Montante	
	Jusante	
CORPO DA BARRAGEM		
Tipo estrutural		
Cota do coroamento (m)		
Borda livre (m)		
Altura máxima acima da fundação (m)		
Altura máxima acima do leito do curso de água (m)		
Comprimento do coroamento (m)		
Largura do coroamento (m)		
Paramento de montante	Inclinação	
	Tipo de proteção	
Paramento de jusante	Inclinação	
	Tipo de proteção	
Dispositivos de drenagem e filtragem		
Volume total de aterro		
Tipo de materiais do aterro		
Tipo de materiais dos filtros		
Tipo de materiais dos drenos		
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONAIS		
Tipo de formações		
Características de permeabilidade do reservatório		
Suscetibilidade a escorregamento de taludes do reservatório		
CARACTERÍSTICAS DAS FUNDAÇÕES		
Zona removida		
Tipo de formação		
Acidentes geológicos principais		
TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES		
Tipo		
Dimensões		
Tipo de materiais		
DESCARREGADOR DE CHEIAS		
Número		
Localização		

Tipo e dimensões principais	Entrada	
	Canal	
	Modalidade de dissipação de energia	
Vazão de projeto (Q_{dim})		
Possibilidade de Q_{dim} estar sub-avaliado		
DESCARREGADOR DE FUNDO (E TOMADAS DE ÁGUA ASSOCIADAS)		
Número		
Localização		
Vazão (sob o nível máximo normal)		
Tipo de comportas (ou válvulas)		
Dimensões principais		
Possibilidade de manobra manual		
Comando à distância		
Condições de acesso		
AVALIAÇÃO DOS RISCOS A JUSANTE		
Morfologia do vale	O vale é encaixado?	
	Declive médio do talvegue	
	Esquema com perfil transversal tipo do vale	
Onda de inundação	Extensão	
Ocupação do território	Lista dos lugares afetados	
	População por lugar afetado	
	Breve descrição da ocupação a jusante	
Práticas de emergência	Meios de comunicação	
	Existem procedimentos de emergência? Quais?	
	Existe sistema de aviso e alerta?	
ALTERAÇÕES OU OBRAS DE REABILITAÇÃO		
Origem ou causa		
Descrição sumária		
Data		
Projetista		
Construtor		
Resultados obtidos		

ANEXO 2 - MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR DE PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR DE PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

Instruções:

1. O empreendedor deve utilizar esse modelo de ficha a cada inspeção regular realizada na barragem.
2. O arquivo digital com essa ficha pode ser encontrado em www.ana.gov.br/segurancadebarragens

Inspeção regular da barragem ________________________________

Dados gerais da inspeção

Agente responsável pela inspeção	
Data da última inspeção	
Data da presente inspeção	
Estado do tempo (seco, chuva)	
Estado do tempo nos dias anteriores (uma semana)	
Nível do reservatório (m)	
Borda livre (m)	

Inspeção do corpo da barragem

Coroamento

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Alinhamento					
Trincas					
Recalques					
Sulcos					
Revestimento					
Nivelamento					
Abatimentos					
Vegetação					
Galerias de animais					
Drenagem					
Iluminação					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Paramento de montante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Alinhamento da linha de água					
Estado do revestimento					
Trincas					
Recalques					
Abatimentos					
Escorregamentos					
Vegetação					
Galerias de animais					
Erosões					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Ombreira direira do lado de montante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Recalques					
Vegetação					
Erosões					
Abatimentos					
Vazios					
Galerias de animais					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Ombreira esquerda do lado de montante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Recalques					
Vegetação					
Erosões					
Abatimentos					
Vazios					
Covas de animais					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Paramento de jusante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Estado do revestimento					
Trincas					
Recalques					
Abatimentos					
Vegetação					
Galerias de animais					
Erosões					
Ravinamentos					
Surgências					
Zonas úmidas					
Escorregamentos					
Condições de drenagem					
Condições do pé de jusante					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Contato com estruturas em concreto

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Vegetação					
Recalques					
Abatimentos					
Descolamento					
Surgências					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Contato com condutos

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Vegetação					
Recalques no alinhamento do conduto					
Abatimentos					
Surgências					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Ombreira direita do lado de jusante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Trincas					
Erosões					
Recalques					
Abatimentos					
Vegetação					
Galerias de animais					
Drenagem					
Surgências					
Zonas úmidas					
Sistema drenagem superficial					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Ombreira esquerda do lado de jusante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Trincas					
Erosões					
Recalques					
Abatimentos					
Vegetação					
Galerias de animais					
Drenagem					
Surgências					
Zonas úmidas					
Sistema drenagem superficial					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Inserção do talude de jusante no maciço

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Trincas					
Vegetação					
Surgências					
Zonas úmidas					
Empolamentos					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Maciço imediatamente a jusante – Fundo do vale

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Vegetação					
Surgências					
Abatimentos					
Zonas úmidas					
Recalques					
Empolamentos					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Inspeção ao vertedouro

Aproximação ao vertedouro

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Obstruções					
Vegetação					
Erosões					
Estado dos muros ou taludes					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Soleira e canal

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Obstruções					
Vegetação					
Erosões					
Estado dos muros ou taludes					
Juntas					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo

H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Saída

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Obstruções					
Vegetação					
Erosões					
Estado da estrutura de dissipação de energia					
Obstruções a jusante					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Órgãos de descarga

Monge

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Condições de acesso à entrada					
Obstruções à entrada					
Estado da estrutura					
Erosões à saída					
Obstruções à saída					
Vegetação					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Descarragedor de fundo

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Condições de acesso à entrada					
Obstruções à entrada					
Erosões à saída					
Obstruções à saída					
Vegetação					
Comporta (data da última abertura)					
Comporta – estado órgãos de comando					
Condições de escoamento com a comporta a montante fechada					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Vizinhança da barragem

Reservatório

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Taludes de montante - instabilidade					
Taludes de montante - erosões					
Detritos na água					
Plantas aquáticas					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

Riscos a jusante

Tópico	Descrição	Foto	D	H	G
Modificações na ocupação do vale					
Operacionalidade do sistema de alerta					

Foto – indicar nº da foto (a colocar após a ficha)
D – Dimensão – Sempre que possível quantificar medindo
H – Histórico (N-Novo, S-sem evolução, C-com evolução)
G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

ANEXO 3 - TIPOS DE ANOMALIAS ENCONTRADAS EM PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

TIPOS DE ANOMALIAS ENCONTRADAS EM PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

Anomalia tipo 1 – Borda livre insuficiente

A *borda livre* visa assegurar que a passagem de uma cheia não produza o galgamento da barragem, o qual, se persistente e em materiais erodíveis, poderá levar à formação de uma brecha e à ruptura da barragem.

Deste modo, é importante verificar se terá ocorrido, em algum local, *galgamento* da barragem, através de indícios de erosão superficial, nomeadamente no coroamento da barragem (Figura III. 1), ou se a *borda livre* (que deverá ser no mínimo de 1 m) é *insuficiente* (Figura III. 2), através da medição da distância mínima na vertical entre a cota mais baixa do coroamento da barragem e o nível máximo do reservatório (muitas vezes reconhecido nas margens, pela inexistência de vegetação).

Figura III. 1 – Erosão do maciço de jusante e do coroamento após galgamento da barragem (SMEC, 2005)

Figura III. 2 – Borda livre insuficiente

Anomalia tipo 2 – Percolação não controlada

Anomalia tipo 2.1 – Surgências no paramento de jusante, ombreiras e zona imediatamente a jusante

A *percolação* não controlada através da fundação ou do corpo da barragem é uma importante causa de ruptura deste tipo de barragens.

A percolação torna-se um problema quando um eventual arrastamento pela água dos materiais do aterro ou da fundação origina fenômenos de erosão interna (ou *piping*), ou quando um aumento excessivo das pressões intersticiais no corpo da barragem ou na sua fundação, acompanhado pela perda de resistência dos materiais do aterro, associada à respectiva saturação, potencia condições de instabilidade dos taludes. Por outro lado, ambos os fenômenos podem estar associados, como na emergência de água, de um modo descontrolado, na zona inferior do paramento de jusante, capaz de propiciar a ocorrência de deslizamentos e escorregamentos.

O atravessamento do corpo da barragem ou da sua fundação por condutos, por poderem condicionar as condições de compactação dos materiais envolventes e por originarem transferências de tensões entre materiais de diferente deformabilidade, podem constituir percursos de percolação privilegiados, com consequências graves para a segurança das barragens, tendo sido já responsáveis por algumas rupturas.

A existência de camadas de maior permeabilidade, a ocorrência de fissuração no núcleo e o insuficiente tratamento das fundações são fatores que propiciam uma percolação da água.

O assoreamento *de valetas e calhas* pode indiciar o transporte pela água do material de aterro ou da fundação para o exterior da barragem (o que pode ser particularmente grave para a segurança desta) ou ser apenas o resultado da deposição de sedimentos produzidos por erosão superficial devida à água da chuva.

Salienta-se ainda que a circulação da água pode arrastar material do aterro para o interior dos vazios de uma fundação rochosa, não sendo, por isso, o efeito aparente até que o aterro colapse a partir da superfície.

Na inspeção visual devem identificar-se os locais de saída da água (surgências, com ou sem pressão) em resultado da percolação através do corpo da barragem e da sua fundação. É frequente acontecer que não seja possível visualizar a água de percolação através da fundação (situação que ocorre, por exemplo, quando existem formações aluvionares no leito do rio a jusante cuja permeabilidade permite assegurar a percolação, pelo seu interior, da vazão a elas afluente).

No caso de detecção de novas saídas de água (surgências - Figura III. 3) devem adotar-se os seguintes procedimentos:

- localização de todos os pontos de saída;
- medição das respetivas vazões;
- avaliação da limpidez da água percolada;
- registro do nível da água no reservatório no decurso da observação;
- verificação das condições recentes de precipitação.

Quando haja dúvidas quanto à origem da água percolada, deve procurar-se a correlação entre as vazões percoladas e os níveis do reservatório ou a precipitação atmosférica.

A *erosão interna* regressiva por vezes é acompanhada da deposição, em forma de cone (Figura III. 4), no ponto de saída da água, de solos finos (areias ou siltes). Estas formações devem ser fotografadas e registradas as suas dimensões. Deve ainda implementar-se medidas corretivas. Como medidas temporárias recomenda-se:

– a construção, com sacos de areia, de um dique em redor do ponto de saída, para aumentar a altura de água acima do cone e, deste modo reduzir o potencial de *piping* (o procedimento contrário, isto é, a drenagem dessa água pode aumentar o gradiente hidráulico e induzir *piping*);
– ou, em alternativa, a colocação, sobre a zona de saída, de um filtro de areia, eventualmente carregado com outro material, por forma a evitar a saída de mais material carreado (deste procedimento pode ainda resultar uma obstrução regressiva que diminua a vazão e a velocidade de percolação, minimizando a gravidade da situação).

Figura III. 3 – Surgência e zona alagada em zona imediatamente a jusante da barragem

Figura III. 4 – Erosão regressiva com a deposição de um cone de solo fino

Anomalia tipo 2.2 – Surgências em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos

No que se refere aos *filtros* e *drenos*, deve observar-se, não só a limpidez ou turvação da água, mas igualmente a vazão. De fato, a eventual turvação da água assinala o transporte de partículas sólidas. Por outro lado, a vazão (e a sua variação relativamente a situações análogas antecedentes), pode fornecer informação relevante. Assim, por exemplo:

– um dreno que, em determinadas situações, *não tem vazão* pode indicar que, nessas situações, não existe percolação na sua zona de influência ou que esta se processa com pressões mais baixas do que as necessárias para a ocorrência de vazão;
– um dreno no prolongamento de um filtro chaminé, concebido para a interseção da percolação, que *nunca funciona*, pode significar que foi projetado ou instalado incorretamente;
– um dreno que *deixa subitamente de debitar* pode ter ficado obstruído, com a saída da água no paramento de jusante ou o aumento de pressões intersticiais com a

consequente instabilização do talude (pelo que os drenos bloqueados devem ser prontamente limpos);

– um súbito *aumento de vazão* de um dreno, sem alteração apreciável do nível do reservatório, pode indicar que a barragem se tornou mais permeável, possivelmente em resultado de uma fissuração transversal.

Anomalia tipo 2.3 – Surgências em zonas de contato do aterro com estruturas rígidas

A inspeção deve incidir, com especial cuidado, em zonas de maior suscetibilidade, como *ombreiras e zonas de contato dos aterros com as obras hidráulicas* (descargas de fundo, tomadas de água e vertedouros).

As dificuldades de compactação junto a estas estruturas rígidas podem conduzir a zonas menos densas, de maior permeabilidade e com selagem parcial ao longo do contato, tornando-as deste modo mais suscetíveis a problemas de percolação não controlada.

A detecção de água nas zonas acessíveis das interfaces com os condutos (Figura III. 5) é particularmente delicada, já que pode também indicar a existência de trincas ou orifícios nesses condutos, capazes de permitir, quando em carga, a entrada de água sob pressão no aterro, podendo daí resultar fenômenos de erosão interna, eventualmente, que conduzem à ruptura da barragem.
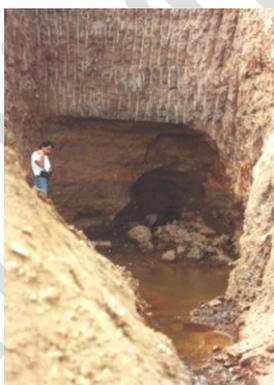
Figura III. 5 – Surgência em torno do conduto da descarga de fundo

Anomalia tipo 2.4 – Zonas úmidas ou de vegetação com grandes necessidades de água

O aparecimento, no paramento de jusante ou a jusante deste, de zonas saturadas ou de variações na vegetação pode indiciar a existência de uma percolação não controlada pelos dispositivos de filtragem e drenagem, cujas consequências para a segurança da obra importa analisar.

A existência de zonas cobertas com vegetação com grandes necessidades de água em permanência, como juncos e canaviais, bem como a existência de zonas onde a vegetação normal pareça mais viçosa e mais densa (Figura III. 6), indica afluências de água. A localização de zonas de vegetação mais densa abaixo de uma certa cota do paramento de jusante pode indicar a interseção da linha de saturação com este paramento.

Figura III. 6 – Zona de vegetação verdejante no talude de jusante da barragem

Anomalia tipo 3 – Trincas

O *aparecimento de trincas* em barragens de terra pode ter origens diversas e diferentes configurações, sendo comum a sua classificação segundo três tipos: trincas de retração por secagem, trincas transversais e trincas longitudinais.

Anomalia tipo 3.1 – Trincas por secagem

As trincas por secagem resultam da perda de água e consequente retração de solos plásticos (como as argilas). Aparece, com uma configuração aleatória e alveolada, no coroamento e no paramento de montante, em climas secos e quentes, quando o reservatório permanece vazio por um longo período. Podem contribuir para a ocorrência de ravinamentos. Assim, devido à infiltração da água das chuvas através destas fendas, e à perda de resistência concomitante dos materiais do aterro, pode produzir-se a desestabilização de certas zonas superficiais. A menos que as trincas sejam profundas, não assume grande gravidade para a segurança estrutural da barragem, mas deverão ser objeto de tratamento no decurso da *manutenção preventiva*.

Conceitualmente, a ocorrência de trincas profundas pode provocar a formação de uma brecha na barragem, durante a subida do nível da água no reservatório. Tal só poderá acontecer por falta de selagem da zona, devido à lentidão no processo de expansão, por saturação, do solo confinante das fendas.

Anomalia tipo 3.2 – Trincas transversais

As *trincas transversais* aparecem geralmente no coroamento da barragem, junto às ombreiras em vales com seção trapezoidal ou em U. Este tipo de trincas pode ser vertical ou horizontal. No primeiro caso aparece associada a maiores recalques nos perfis de maior altura (particularmente quando a fundação é bastante deformável) do que nas ombreiras (se muito íngremes e rochosos). A segunda ocorre nos vales muito apertados onde o efeito de arco pode ocasionar que a deformação da parte superior da barragem não acompanhe a da parte inferior. Estas trincas são especialmente perigosas quando atingem a zona da barragem (em barragens homogêneas) ou do núcleo (em barragens zoneadas) a cotas inferiores ao nível da água no reservatório, pois podem originar um caminho de percolação concentrada e consequentemente conduzir a uma muito rápida erosão da barragem e eventualmente à formação de uma brecha.

Anomalia tipo 3.3 – Trincas longitudinais

As *trincas longitudinais* (Figura III. 7) parecem estar associadas a:

- recalques diferenciais entre zonas de aterro adjacentes de diferente compressibilidade;
- trações devidas a recalques excessivos e a deformações laterais do aterro;
- formação de escarpas devido à perda de estabilidade de taludes (neste caso a trinca pode apresentar forma em arco).

Permitindo a infiltração de água no aterro, com a diminuição da resistência do material do aterro adjacente à fenda, este tipo de fendilhação pode conduzir ou acelerar a ruptura do talude por deslizamento.

Para qualquer tipo de fendilhação, deve-se, no decurso da inspeção visual, fotografar e registrar a localização, profundidade, largura e abertura das trincas e seguir de perto as suas variações. Se as trincas se desenvolvem até cotas inferiores ao nível normal máximo da água no reservatório devem ser adotadas medidas corretivas imediatas.

Figura III. 7 – Trinca longitudinal no coroamento

Anomalia tipo 4 – Perda de estabilidade de taludes da barragem ou do reservatório

A *perda de estabilidade* de taludes da barragem ou do reservatório apresenta-se geralmente associada aos seguintes fenômenos: deslizamentos superficiais ou profundos, deslocamentos e trincas.

Anomalia tipo 4.1 – Deslizamentos superficiais

Os *deslizamentos superficiais* do talude de montante são, por vezes, o resultado da adoção de um declive demasiado íngreme para as condições de esvaziamento rápido do reservatório, não representando uma ameaça imediata à integridade das barragens. No entanto, podem provocar a obstrução da entrada das descargas de fundo/tomadas de água ou a ocorrência de deslizamentos profundos de maiores dimensões. No talude de jusante, os deslizamentos superficiais podem indicar uma perda de resistência por saturação do material de aterro, devido à percolação ou a escorrência superficial de água.

Durante a inspeção visual deve-se fotografar e registrar a localização, extensão e deslocamento do deslizamento, procurar trincas em zonas adjacentes, especialmente na zona lateral superior, e indícios de percolação junto ao deslizamento, bem como observar frequentemente a zona para detectar a tempo o agravamento das condições.

Anomalia tipo 4.2 – Deslizamentos profundos

Os *deslizamentos profundos* são uma séria ameaça para a segurança da barragem. São geralmente caracterizados pela formação de escarpas bem definidas (Figura III. 8), de zonas protuberantes junto do pé do talude (produzidas por movimentos horizontais e rotacionais da massa do aterro) e de trincas em forma de arco.

Figura III. 8 – Deslizamento profundo com formação de escarpa

Para identificar um deslizamento profundo deve-se proceder a uma inspeção cuidada e minuciosa da área, para detecção de trincas ou de escarpas, e à avaliação da respectiva grandeza. No sentido de evitar a formação de brechas na barragem, o reconhecimento de um deslizamento profundo impõe de imediato o abaixamento do nível do reservatório.

Anomalia tipo 5 – Depressões

Anomalia tipo 5.1 – Depressões com pendentes suaves

As depressões, circunscritas ou dispersas na superfície da barragem, podem resultar de várias causas:

- recalques do aterro ou da fundação, podendo conduzir a perda de borda livre e potenciar a ocorrência de galgamento em períodos de cheia;
- erosão provocada pela ação das ondas no paramento de montante, com remoção dos finos do aterro ou da camada de assentamento do enrocamento de proteção e posterior deslocamento deste;
- erosão interna ou *piping*, com consequente assentamento do material sobrejacente, sendo, nesta circunstância, designadas por *abatimentos*;
- em alguns casos, por *escolha imprópria de materiais* no final da construção.

Anomalia tipo 5.2 – Abatimentos

Os *abatimentos* constituem um tipo muito sério de depressão, e são caracterizados por possuírem lateralmente uma forte inclinação, produzida pelo cisalhamento do solo ao colapsar para o interior do vazio subjacente (Figura III. 9). Os recalques localizados, por seu lado, têm inclinações suaves e formas arredondadas.

Figura III. 9 – Abatimento no coroamento e no paramento de jusante (SMEC, 2005)

Na inspeção visual as zonas com recalques devem ser fotografadas, registradas as suas localização e dimensões, e avaliado o recalque. O fundo das depressões localizadas deve ser sondado para confirmar a presença de vazios ou de circulação de água. É recomendado que, imediatamente após a detecção de um *abatimento*, se promova a investigação da causa da sua formação e a avaliação do risco que este representa para a segurança da barragem.

Deverá ser inspecionada com especial cuidado a superfície do aterro no(s) *alinhamento(s) do descarregador de fundo/ tomada d'água* para a detecção de depressões associadas a problemas de percolação ao longo de condutos.

Anomalia do tipo 6 - Problemas de manutenção do aterro

Anomalia tipo 6.1 – Problemas no paramento de montante

A ação severa das ondas no paramento de montante pode provocar ondulação da sua superfície e a degradação do material de proteção. Este efeito consiste no deslocamento, por ação das ondas, de uma porção do paramento de montante, com remoção da proteção do talude e do material subjacente e deposição do material do aterro numa zona inferior do talude, dando origem à formação de uma área relativamente plana (designada por *praia*), limitada a montante por um declive íngreme ou por uma escarpa (Figura III. 10). A progressão deste fenômeno pode levar à diminuição da largura e possivelmente da altura do aterro, ao aumento da percolação e à perda local de estabilidade do talude ou galgamento da barragem.

A *degradação da proteção* ocorre por fraturação dos blocos do enrocamento devido aos efeitos combinados da meteorização, da ação das ondas e da ocorrência de vegetação.

Na inspecção visual da zona de proteção do paramento de montante deve verificar-se a existência de indícios de efeitos das ondas, de formação de escarpas ou de degradação do

material de proteção. Após a sua detecção estas anomalias devem ser fotografadas e registradas. Deve-se ainda avaliar a sua magnitude, de modo a, se necessário, implementar medidas de reparação ou de substituição. Não deve existir vegetação no enrocamento de proteção do paramento de montante.

Figura III. 10 – Erosão do paramento montante sob a ação das ondas

Anomalia tipo 6.2 – Problemas na proteção do coroamento

A *proteção do coroamento* contra a erosão revela-se inadequada quando são visíveis sinais de deterioração, como a existência de sulcos de rodados ou trilhos provocados pela passagem de animais. A infiltração de água (Figura III. 11) nestes sulcos pode provocar problemas de perda de estabilidade. Da proteção inadequada do coroamento e dos taludes também pode resultar a formação de significativos sulcos ou ravinamentos, por erosão superficial. As áreas sem vegetação ou de vegetação esparsa são as mais suscetíveis a problemas de erosão superficial pela água da chuva.

Figura III. 11 – Acumulação da água das chuvas no coroamento

Anomalia tipo 6.3 – Vegetação desordenada

O revestimento vegetal dos taludes pode não ser adequado por motivo de:

- *excessivo crescimento de vegetação*, o que fornece um habitat para os animais que perfuram a barragem, impede uma inspeção visual adequada e dificulta (ou impede) o acesso à barragem e às áreas vizinhas;
- *existência de vegetação de raízes profundas*, dado que as cavidades resultantes do

derrube, da extração ou da secagem do sistema de raízes das árvores, ou mesmo as raízes saudáveis de vegetação de grandes dimensões, podem ser uma ameaça para a integridade do aterro, já que proporcionam caminhos de percolação, capazes de produzir erosão interna e provocar a ocorrência de *piping*.

O procedimento adequado para minorar os efeitos da presença de árvores no coroamento, nos paramentos (Figura III. 12) ou nas zonas adjacentes à barragem é proceder ao seu corte antes de atingirem tamanho significativo.

Figura III. 12 – Vegetação de tamanho excessivo no paramento de montante e de jusante

Na inspeção visual devem procurar-se sinais de erosão superficial (como ravinamentos – Figura III. 13, sulcos e trilhos de animais ou de veículos), verificar as zonas de concentração deste tipo de erosão (como zonas de inserção a jusante e ombreiras), e identificar, ao longo de toda a barragem, as zonas com excessiva vegetação e com vegetação de raízes profundas.

Figura III. 13 – Intenso ravinamento no paramento de jusante

Nas zonas do paramento e do pé de talude de jusante, a área envolvente dos locais em que se procedeu ao corte de vegetação de grande porte (sem remoção de raízes) ou onde existe este tipo de vegetação, deve ser cuidadosamente observada na procura de sinais de percolação.

Anomalia tipo 6.4 – Deterioração por ação de animais

As galerias e as *perfurações produzidas por animais* (Figura III. 14 e Figura III. 15) podem ser perigosas devido ao enfraquecimento que provocam no aterro e à facilidade de percolação da água nos seus vazios, propiciando fenômenos de erosão interna, capazes de causar ruptura

quando estabelecem a ligação do reservatório com o talude de jusante ou encurtam os caminhos de percolação e penetram na zona impermeável da barragem. No decurso da inspeção visual deve-se procurar alguma evidência de percolação vinda de buracos de animais no paramento de jusante e na fundação, registrar a sua localização e a profundidade atingida e, se necessário, proceder à remoção ou erradicação dos animais.

Figura III. 14 – Cupinzeiro no coroamento da barragem

Figura III. 15 – Toca de animal

Anomalia do tipo 7 - Deteriorações ou obstruções de estruturas hidráulicas

As estruturas hidráulicas podem apresentar deteriorações de índole hidráulica e estrutural, relacionadas com erosões na zona de aproximação, nos canais e nas bacias de dissipação dos vertedouros, e na zona de restituição de vertedouros e de descarregadores de fundo, com cavitação, abrasão, deficiências de arejamento e subpressões dinâmicas em bacias de dissipação.

Anomalia tipo 7.1 – Erosões

As *erosões* na zona de aproximação à estrutura de entrada dos vertedouros podem diminuir a vazão, instabilizar taludes ou muros-guia e ser fonte de fenômenos abrasivos, pelo arrastamento de materiais para o interior da estrutura. Podem também instabilizar os muros laterais ou taludes do canal ou atingir o aterro da barragem. As erosões na zona de restituição de vertedouros e de descarregadores de fundo podem danificar as próprias estruturas, provocar alterações das margens ou danificar a própria barragem.

Anomalia tipo 7.2 – Danos estruturais (Figura III. 16)

A *cavitação* pode erodir o concreto das estruturas hidráulicas, bem assim como danificar equipamentos. É improvável em estruturas que funcionem esporadicamente e por curtos períodos e em estruturas associadas a pequenos desníveis. A inspeção visual pode detectar erosão de cavitação designadamente associada a irregularidades nos canais dos vertedouros, nos blocos de bacias de dissipação e em trampolins.

A *abrasão* pode erodir o concreto das estruturas hidráulicas e danificar equipamentos. Os materiais abrasivos podem provir do reservatório ou entrar diretamente para o canal do vertedouro ou para bacias de dissipação.

A ocorrência de *flutuações* de pressão nas bacias de dissipação, associada ao ressalto hidráulico, pode propagar-se, por intermédio de juntas total ou parcialmente abertas, para o espaço sob as lajes e aí gerar forças de levantamento que podem provocar grandes danos na bacia de dissipação.

As situações típicas de deteriorações associadas a *vibrações* ocorrem em comportas. As vibrações podem ser motivadas por deficiências de arejamento. As comportas podem também vibrar por serem mantidas com aberturas inadequadas ou por não funcionarem desafogadas a jusante.

Figura III. 16 – Danos estruturais severos na soleira do vertedouro

Anomalia tipo 7.3 – Redução da capacidade de vazão

Os aspectos a examinar na *zona de entrada dos vertedouros* são a existência de zonas do terreno a montante da soleira que interfiram com a capacidade de vazão do vertedouro, a ocorrência de erosões junto à soleira, o estado de conservação da soleira e quaisquer possíveis causas de obstrução (Figura III. 17).

No *canal* os aspectos a examinar são o seu estado geral de conservação (devido à cavitação ou abrasão, desalinhamento de juntas, etc.), a possibilidade de obstrução e eventuais erosões devido a galgamentos dos muros ou taludes laterais.

Na *zona da restituição* deve avaliar-se os processos erosivos (Figura III. 18) que possam comprometer a estabilidade da barragem, a estabilidade da obra de dissipação, os bens existentes nas margens da linha de água, e provocar deslizamentos das margens.

Figura III. 17 – Obstrução da soleira do vertedouro

Figura III. 18 – Erosão a jusante da bacia de restituição do vertedouro

Convém também observar o estado de desenvolvimento da vegetação na zona de restituição, devendo garantir-se que este não modifique acentuadamente o livre curso do escoamento.

Nas inspeções visuais, em geral, nem a zona de entrada nem o conduto da descarga de fundo são acessíveis, sendo apenas observada a zona de restituição. Aplica-se a esta zona o mencionado anteriormente para a zona de restituição dos vertedouros.

Anomalia tipo 7.4 – Equipamentos

O equipamento a inspecionar são as comportas e válvulas da descarga de fundo. Esta inspeção compreenderá a apreciação do estado geral do equipamento mecânico e elétrico (operacionalidade, manutenção, corrosão, segurança dos circuitos elétricos e existência de peças de substituição), a obtenção de informação quanto ao estado do equipamento (procedimentos previstos quanto à manobra dos equipamentos, manobras efetuadas e operações de manutenção efetuadas), o levantamento das condições de acesso aos órgãos de comando em situações de emergência e a realização de manobras de verificação de funcionamento.

Anomalia tipo 8 – Deteriorações no reservatório

Os *taludes do reservatório* devem ser inspecionados para detecção de zonas de intensa erosão superficial ou zonas instáveis que possam contribuir para o assoreamento do reservatório.

Figura III. 19 – Forte ravinamento dos taludes do reservatório

O *reservatório* também deve ser observado com vista à detecção da proliferação de plantas aquáticas, capazes de comprometer a qualidade da água do reservatório, inclusive, a sua eutrofização.

ANEXO 4 - PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Instruções:

1 O quadro a seguir apresenta o planejamento mensal das atividades a serem realizadas pelo empreendedor para uma adequada manutenção preventiva da barragem.

2 Em cada mês, devem ser realizadas somente as atividades indicadas com um X.

3 O mês 1 do planejamento corresponde ao primeiro mês do período chuvoso.

Atividade de manutenção preventiva	**P**	**Mês**											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A – Coroamento													
A.1 Reparação corrente de trincas devidas à secagem	2				X			X			X		
A.2 Regularização geométrica (correcção do nivelamento)	1							X					
A.3 Garantia da integridade da vedação	1	X			X			X			X		
A.4 Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos	2	X			X			X			X		
B – Paramento de montante													
B.1 Corte da vegetação entre o rip-rap	2	X						X					
B.2 Corte da vegetação arbustiva e árvores	1	X			X			X			X		
B.3 Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do *rip-rap*	1	X			X			X			X		
B.4 Garantia da integridade da vedação	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C – Paramento de jusante													
C.1 Manutenção da proteção vegetal	2	X			X			X			X		
C.2 Regularização das superfícies (ravinamento)	2	X			X			X			X		
C.3 Garantia da integridade da vedação	1	X			X			X			X		
C.4 Corte de vegetação arbustiva e árvores	1	X			X			X			X		
C.5 Manutenção das calhas	2	X						X					
D – Inserção do aterro nas ombreiras													
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E – Contato do aterro com estruturas rígidas													
E.1 Reparação de sulcos e aberturas	1	X						X					
F – Canal de aproximação													
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
F.2 Regularização geométrica	2	X						X					
F.3 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade	2	X						X					
G – Canal do vertedouro													
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
G.2 Regularização geométrica (soleira e taludes)	2	X						X					
G.3 Manutenção da cobertura vegetal	2	X			X			X			X		
G.4 Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)	1	X			X			X			X		
G.5 Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural	1	X			X			X			X		
G.6 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade	2	X						X					
H – Bacia de dissipação													
H.1 Reparação de deterioração no concreto	1	X			X			X			X		
H.2 Garantia de integridade da vedação	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
I – Descarga de fundo e tomada d'água													
I.1 Manuseio da comporta de montante	2	X			X			X			X		
I.2 Manuseio da comporta ou válvula de jusante	2	X			X			X			X		
J – Reservatório													
J.1 Remoção do assoreamento no fundo	2							X					
J.2 Garantia de integridade da vedação e das zonas de bebedouros	1	X			X			X			X		
J.3 Plantação de espécies protetoras da erosão do solo vegetal ou cerca de proteção relativamente ao transporte eólico	2							X					
J.4 Remoção das plantas aquáticas	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
J.5 Plantação de árvores para proteção da incidência solar	2							X					

P – categoria de prioridade: **1** – situação potencialmente grave; **2** – situação sem gravidade

DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA:

Instruções:

1 **As atividades descritas nesse tópico correspondem ao detalhamento das atividades apresentados no quadro anterior.**
2 **O empreendedor deve seguir as orientações deste detalhamento para execução das manutenções.**
3 **Em caso de dúvidas, consultar um engenheiro**.

A – COROAMENTO

A.1 – REPARAÇÃO CORRENTE DE TRINCAS DEVIDO A SECAGEM:

O que é:
Trata-se do preenchimento de trincas com terra.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Ação natural do tempo.

Importância dessa manutenção:
Evitar o aumento das trincas, que gera caminhos para infiltração da água de chuva no corpo da barragem.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Solo argiloso

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Preencher as trincas com solo argiloso
2 – Umidificar o terreno coberto (sem, no entanto, deixar enxarcar).
3 – Compactar o terreno com auxílio da enxada

A.2 – REGULARIZAÇÃO GEOMÉTRICA:

O que é:
Trata-se da correção do nivelamento da superfície do coroamento da barragem, trazendo-a de volta às condições originais de construção.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Trânsito de veículos deixando marcas de rodas.
Passagem de gado.

Erosão pela água da chuva ou pela ação do vento.

Importância dessa manutenção:
Evitar o desenvolvimento de fissuras e erosões que podem comprometer a segurança da barragem.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Solo argiloso
- Nível de bolha
- Cascalho grosso

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Cobrir os afundamentos com solo argiloso, procurando mantê-lo nivelado
2 – Umidificar o terreno coberto (sem, no entanto, deixar enxarcar).
3 – Compactar o terreno com auxílio da enxada
4 – Caso haja tráfego de veículos, cobrir todo o coroamento com uma camada de 5 cm de cascalho grosso

A.3 – GARANTIA DA INTEGRIDADE DA VEDAÇÃO

O que é:
Manter a vedação sem aberturas facilmente transponíveis por animais.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Danificação ou deterioração da vedação.

Importância dessa manutenção:
Impede o acesso não controlado de animais ao interior do perímetro da barragem.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Postes de madeira
- Tela metálica
- Carrinho de mão
- Material de carpinteiro
- Pá
- Enxada

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Repor os postes de vedação e os pedaços de tela metálica que estejam danificados.

A.4 PREENCHIMENTO DE SULCOS LIGEIROS E BURACOS PEQUENOS

O que é:
Trata-se de manter a regularidade geométrica da superfície da barragem.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Ação de animais
Trânsito de veículos
Erosão superficial pela chuva ou pelo vento

Importância dessa manutenção:
Dificulta o empoçamento de água da chuva e o desenvolvimento de vegetação indesejada.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Marreta
- Material argiloso

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Remover a zona superficial dos sulcos e buracos e preenchê-los com solo argiloso úmido bem compactado.

B – PARAMENTO DE MONTANTE

B.1 CORTE DA VEGETAÇÃO ENTRE O *RIP-RAP*

O que é:
Trata-se de cortar a vegetação indesejável que cresce entre o *rip-rap*.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Existência de sementes de vegetação indesejável depositadas pelo vento ou pela escorrência de água.

Importância dessa manutenção:
Impede o aprofundamento das raízes e facilita o acesso e a inspeção visual na zona afetada.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxadinha
- Pá
- Carrinho de mão
- Ancinho
- Tesoura

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1- Cortar a vegetação de porte tão rente à superfície quanto possível (pelo pé).

B.2 CORTE DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E ÁRVORES

O que é:
Trata-se de cortar a vegetação de grande porte e as árvores que se tenham desenvolvido no corpo do aterro, na zona imediatamente a jusante da barragem e nas ombreiras.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Existência de sementes de vegetação indesejável depositadas pelo vento ou pela escorrência de água.

Importância dessa manutenção:
Impede a danificação do aterro devida ao crescimento das raízes e facilita a inspeção visual da zona.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Serra ou motoserra
- Serrote
- Cordas

- Carro para transporte dos resíduos.

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Cortar os arbustos e as árvores tão rente à superfície quanto possível (pelo pé).

B.3 – MANUTENÇÃO DA PROTEÇÃO VEGETAL (SE EXISTENTE) OU DO *RIP-RAP*

O que é:
Manter a cobertura vegetal ou o *rip-rap* em condições adequadas ao longo de todo o paramento.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão pelas ondas do reservatório, secagem ou destruição por animais.
Remoção do *rip-rap* por ação humana ou por animais.
Deslocação do rip-rap, sob a ação das ondas do reservatório

Importância dessa manutenção:
A vegetação ou o *rip-rap* de proteção estabiliza a superfície do aterro e dificulta a erosão pelo vento e pela ação das ondas.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxadinha
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Ancinho
- *Rip-rap*
- Solo orgânico
- Sementes

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Colocar solo orgânico e semear as zonas necessitadas de correção ou colocar *rip-rap*.

B.4 – GARANTIA DA INTEGRIDADE DA VEDAÇÃO

O que é:
Manter a vedação sem aberturas facilmente transponíveis por animais.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Danificação ou deterioração da vedação.

Importância dessa manutenção:
Impede o acesso não controlado de animais ao interior do perímetro da barragem.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Postes de madeira
- Tela metálica
- Carrinho de mão
- Material de carpinteiro
- Pá
- Enxada

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Repor os postes de vedação e os pedaços detela metálica que estejam danificados.

C – PARAMENTO DE JUSANTE

C.1 – MANUTENÇÃO DA PROTEÇÃO VEGETAL

O que é:
Manter a cobertura vegetal em adequadas condições.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão, secagem ou destruição por animais.

Importância dessa manutenção:
A vegetação de proteção estabiliza a superfície do aterro e dificulta o ravinamento do solo pelo vento e pela água das chuvas.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxadinha
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Ancinho
- Solo orgânico
- Sementes

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1- Colocar solo orgânico e semear as zonas necessitadas de correção.

C.2 – REGULARIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES (RAVINAMENTO)

O que é:
Trata-se de manter a regularidade geométrica da superfície da barragem, dificultando o efeito erosivo da água das chuvas no paramento inclinado do talude.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão superficial pelas águas da chuva.

Importância dessa manutenção:
Dificulta a escorrência rápida da água e o arrastamento de solo superficial de cobertura.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá

- Carrinho de mão
- Marreta
- Material argiloso
- Solo orgânico
- Sementes

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Remover a zona superficial dos sulcos e preenchê-los com solo argiloso úmido bem compactado.
2- Repor a vegetação de proteção, conforme C.1.

C.3 – GARANTIA DA INTEGRIDADE DA VEDAÇÃO

O que é:
Manter a vedação sem aberturas facilmente transponíveis por animais.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Danificação ou deterioração da vedação.

Importância dessa manutenção:
Impede o acesso descontrolado de animais ao interior do perímetro da barragem.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Postes de madeira
- Tela metálica
- Carrinho de mão
- Material de carpinteiro
- Pá
- Enxada

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Repor os postes de vedação e os pedaços detela metálica que estejam danificados.

C.4 – CORTE DE VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E ÁRVORES

O que é:
Trata-se de cortar a vegetação de grande porte e as árvores que se tenham desenvolvido no talude de jusante do corpo do aterro.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Sementes de vegetação indesejável depositadas pelo vento ou pela escorrência de água.

Importância dessa manutenção:
Impede a danificação do aterro devida ao crescimento das raízes e facilita a inspeção visual da zona.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Serra ou motoserra
- Serrote
- Cordas
- Carro para transporte dos resíduos.

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Cortar os arbustos e as árvores tão rente quanto possível (pelo pé).

C.5 MANUTENÇÃO DAS CALHAS

O que é:
Desobstruir e reparar as calhas partidas ou com inclinação inadequada.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Assoreamento das calhas pelo solo transportado pela água.
Recalques do aterro envolvente que causam desalinhamento ou danos nas calhas.

Importância dessa manutenção:
O bom funcionamento das calhas evita a infiltração da água no aterro.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Picareta
- Nível de bolha
- Cascalho grosso
- Calhas

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Repor o alinhamento e a inclinação das calhas.

2- Substituir calhas quebradas.

D – INSERÇÃO DO ATERRO NAS OMBREIRAS

D.1 – DRENAGEM DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS OMBREIRAS

O que é:
Instalar ou reparar calhas no contato do aterro com as ombreiras.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão da zona de contato entre o aterro e as ombreiras.

Importância dessa manutenção:
Impede a erosão e a acumulação da água nas zonas do aterro em contato com as ombreiras.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Marreta
- Carrinho de mão
- Material argiloso
- Nível de bolha
- Calhas

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1- Abrir sulcos para a inserção das calhas na zona de contato do aterro com as ombreiras e Instalar as calhas de modo a que o seu bordo superior fique à superfície do talude ou
2- Reparar as calhas existentes de acordo com o indicado em C.5.

E – CONTATO DO ATERRO COM ESTRUTURAS RÍGIDAS

E.1 REPARAÇÃO DE SULCOS E ABERTURAS

O que é:
Fechamento dos sulcos e aberturas no contato com estruturas rígidas.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Retração do terreno
Erosão causada pela água
Movimentos da estrutura rígida
Construção deficiente

Importância dessa manutenção:
Impede a circulação de água em zonas onde esta não deverá ocorrer.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Marreta
- Carrinho de mão
- Betuminoso

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:

1- Remover a zona superficial dos sulcos e das aberturas
2- Preencher os sulcos e as aberturas com betuminoso
3- Compactar as superfícies dos sulcos e das aberturas.

F – CANAL DE APROXIMAÇÃO

F.1 LIMPEZA DE DETRITOS

O que é:
Remoção de todos os sólidos com volume significativo no canal de aproximação.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Arrastamento de materiais sólidos do reservatório pela vazão do vertedouro.

Importância dessa manutenção:
Garante o funcionamento do vertedouro em toda a sua extensão.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Carrinho de mão
- Cordas

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1- Remover os detritos de maior dimensão capazes de obstruir o vertedouro.

F.2 – REGULARIZAÇÃO GEOMÉTRICA

O que é:
Trata-se da regularização do canal do vertedouro

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão
Movimentos da fundação

Importância dessa manutenção:
Evitar o desenvolvimento e a progressão de fendas e erosões que podem comprometer a funcionalidade do vertedouro.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Marreta
- Betoneira
- Concreto

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Preencher as cavidades na superfície do canal de aproximação com concreto
2 – Regularizar os taludes do canal de aproximação

F.3 – CORTE DE VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E DE ÁRVORES NA PROXIMIDADE

O que é:
Trata-se de cortar a vegetação de grande porte e as árvores que se tenham desenvolvido na proximidade do canal de aproximação.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Existência de sementes de vegetação indesejável depositadas pelo vento ou pela água.

Importância dessa manutenção:
Impede a ocorrência de danos na proximidade do canal de aproximação devida ao crescimento das raízes e facilita vazão.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Serra ou motoserra
- Serrote
- Cordas
- Carro para transporte dos resíduos.

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Cortar os arbustos e as árvores tão rente quanto possível (pelo pé).

G – CANAL DO VERTEDOURO

G.1 – LIMPEZA DE DETRITOS E OUTROS OBSTÁCULOS

O que é:
Remoção de todos os materiais soltos do canal do vertedouro.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Arrastamento de materiais sólidos pela água no vertedouro.

Importância dessa manutenção:
Garante a seção total do vertedouro.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Carrinho de mão
- Cordas

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Remover os materiais soltos do canal do vertedouro.

G.2 – REGULARIZAÇÃO GEOMÉTRICA (SOLEIRA E TALUDES)

O que é:
Trata-se da reposição da geometria do canal do vertedouro.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão
Instabilizações
Movimentos da fundação

Importância dessa manutenção:
Evitar o desenvolvimento de fendas e erosões do vertedouro.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Marreta
- Betoneira
- Concreto

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Preencher as cavidades da superfície do canal de aproximação com concreto.
2 – Regularizar os taludes do canal do vertedouro.

G.3 – MANUTENÇÃO DA COBERTURA VEGETAL (SOLEIRA NÃO REVESTIDA)

O que é:
Repor a cobertura vegetal (em soleiras não revestidas)

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão, secagem ou destruição por animais.

Importância dessa manutenção:
A vegetação de proteção dificulta a erosão da soleira pela água.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxadinha
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Ancinho
- Sementes

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Semear as zonas necessitadas de correção.

G.4 – REPARAÇÃO DE TRINCAS E RAVINAMENTOS (SOLEIRA E TALUDES)

O que é:
Trata-se da reposição da geometria do vertedouro não revestido

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão
Retração do terreno
Instabilização dos taludes
Movimentos da fundação

Importância dessa manutenção:
Eliminar sulcos e de ravinamentos que tendem a aumentar com o funcionamento do vertedouro.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Marreta
- Betoneira
- Concreto

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Preencher os espaços vazios na superfície vertedouro ou nos taludes rochosos com concreto.
2 – Regularizar os taludes em solos.

G.5 – REPARAÇÃO DE TRINCAS E DEFORMAÇÕES NO CONTATO COM O TERRENO NATURAL

O que é:
Preenchimento das trincas e deformações no contato do vertedouro em concreto com o terreno natural.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Retração do terreno
Erosão causada pela água
Movimentos da estrutura rígida
Construção deficiente

Importância dessa manutenção:
Impede a circulação de água no contato com o terreno natural.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Marreta
- Carrinho de mão
- Betuminoso

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Remover a zona superficial as superfícies das trincas.
2 – Preencher as trincas com betuminoso.
3 – Compactar as superfícies dos sulcos e das aberturas, se estes forem em solos.

G.6 – CORTE DE VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E DE ÁRVORES NA PROXIMIDADE

O que é:
Cortar a vegetação de grande porte e as árvores que se tenham desenvolvido no vertedouro.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Existência de sementes de vegetação indesejável depositadas pelo vento.

Importância dessa manutenção:
Impede a ocorrência de danos no vertedouro devida ao crescimento das raízes e facilita a vazão.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Serra ou motoserra
- Serrote
- Cordas
- Carro para transporte dos resíduos.

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Cortar os arbustos e as árvores tão rente quanto possível (pelo pé).

H – BACIA DE DISSIPAÇÃO

H.1 – REPARAÇÃO DE DETERIORAÇÃO NO CONCRETO

O que é:
Limpeza e regularização da zona superficial do concreto.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Erosão
Deficiente qualidade do concreto

Importância dessa manutenção:
Impede o desenvolvimento de danos no concreto devidos ao escoamento.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Marreta
- Betoneira
- Concreto

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer:
1 – Limpar a zona superficial do concreto na zona deteriorada.
2 – Preencher com concreto.

H.2 – GARANTIA DE INTEGRIDADE DA VEDAÇÃO

O que é:
Manter a vedação sem aberturas facilmente transponíveis por animais.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Danificação ou deterioração da vedação.

Importância dessa manutenção:
Impede o acesso não controlado de animais ao interior do perímetro bacia de dissipação.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Postes de madeira

- Tela metálica
- Carrinho de mão
- Material de carpinteiro
- Pá
- Enxada

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Repor os postes de vedação e os pedaços detela metálica que estejam danificados.

I – DESCARGA DE FUNDO E TOMADA D’ÁGUA

I.1 – MANUSEIO DA COMPORTA DE MONTANTE

O que é:
Manobra completa de abertura e fechamento do registro da comporta de montante

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Deterioração do registro.

Importância dessa manutenção:
Verificar a operacionalidade do registro.

Recursos necessários:

Pessoal:
- Operador

Como fazer:
1 – Abrir e fechar lentamente o registro, mantendo a comporta ou válvula de jusante aberta (se existente).

I.2 – MANUSEIO DA COMPORTA OU VÁLVULA DE JUSANTE

O que é:
Manobra completa de abertura e fechamento da comporta ou válvula de jusante.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Deterioração do registro.

Importância dessa manutenção:
Verificar a operacionalidade do registro.

Recursos necessários:

Pessoal:
- Operador

Como fazer:
1 – Fechar e abrir lentamente a comporta ou válvula de jusante, mantendo a comporta de montante aberta.

J – RESERVATÓRIO

J.1 – REMOÇÃO DO ASSOREAMENTO NO FUNDO

O que é:
Limpeza do fundo do reservatório do material sólido de pequenas dimensões.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Acumulação de sólidos no fundo do reservatório.

Importância dessa manutenção:
Desimpede o acesso à tomada d'água/descarregador de fundo.
Preserva o volume útil do reservatório.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Pá
- Carrinho de mão

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Recolher o material sólido fino existente no fundo do reservatório, após o seu esvaziamento.

J.2 – GARANTIA DE INTEGRIDADE DA VEDAÇÃO NAS ZONAS DE BEBEDOUROS

O que é:
Manter a vedação sem aberturas facilmente transponíveis por animais.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:
Danificação ou deterioração da vedação.

Importância dessa manutenção:
Impede o acesso não controlado de animais ao perímetro do reservatório.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Postes de madeira
- Tela metálica
- Carrinho de mão
- Material de carpinteiro
- Pá
- Enxada

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer:

1 – Repor os postes de vedação e os pedaços de tela metálica que estejam danificados.

J.3 – PLANTAÇÃO DE ESPÉCIES PROTETORAS DA EROSÃO DO SOLO VEGETAL OU CERCA DE PROTEÇÃO RELATIVAMENTE AO TRANSPORTE EÓLICO

O que é:

Plantação de espécies vegetais de porte apropriado para criar uma proteção ao transporte pelo vento de sedimentos para o reservatório.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:

Ação dos ventos.

Importância dessa manutenção:

Preserva a qualidade da água no reservatório e dificulta o assoreamento.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Espécies vegetais (arbustos de porte médio)

Pessoal:

- Trabalhador de fazenda

Como fazer:

1 – Plantar um perímetro de arbustos transversal à direção predominante do vento.

J.4 – REMOÇÃO DAS PLANTAS AQUÁTICAS

O que é:

Remoção das plantas parasitas do reservatório.

Causa(s) mais provável(eis) do problema:

Desenvolvimento excessivo de plantas parasitas.

Importância dessa manutenção:

Mantém a salubridade e a oxigenação da água no reservatório.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Bote
- Foice
- Rede

Pessoal:

- Trabalhador de fazenda

Como fazer:

1 – Cortar e recolher as plantas aquáticas.

J.5 PLANTAÇÃO DE ÁRVORES PARA PROTEÇÃO DA INCIDÊNCIA SOLAR

O que é:

Plantar árvores num perímetro orientado paralelamente à direção *N-S*

Causa(s) mais provável(eis) do problema:

Incidência da luz solar na água.

Importância dessa manutenção:

Dificultar o crescimento de micro-organismos na água

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pés de árvores de espécies frondosas

Pessoal:

- Trabalhador de fazenda

Como fazer:

1 – Definir o alinhamento do perímetro entreposto entre o reservatório e a trajetória diária do sol, a uma distância suficiente para a sombra incidir sobre o reservatório (porém sem ser demasiado próximo, devido ao efeito das raízes).

2 – Plantar as árvores.

ANEXO 5 - ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Instruções:

1 - O quadro a seguir apresenta a listagem das principais anomalias que ocorrem numa barragem e que exigem manutenção corretiva, indicando a relevância e o nível de urgência na sua correção.

Atividade de manutenção corretiva	G
1 – Borda livre insuficiente	
1.1 Borda livre insuficiente sem galgamento	A
1.2 Borda livre insuficiente com galgamento	A
2 – Percolação não controlada	
2.1.1 Surgências no paramento de jusante e ombreiras	A
2.1.2 Surgências na zona imediatamente a jusante sem deposição de material carreado	A
2.1.3 Surgências na zona imediatamente a jusante com deposição de material carreado	A
2.2.1 Surgências com turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos	A ou E
2.2.2 Surgências sem turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos	1 ou 2
2.3.1 Surgências nos contatos do aterro com o(s) vertedouro(s)	2
2.3.2 Surgências nos contatos do aterro com o(s) conduto(s), não em pressão, da descarga de fundo/tomada d'água	1
2.3.3 Surgências nos contatos do aterro com o(s) conduto(s), em pressão, da descarga de fundo/tomada d'água	2 ou A
2.4 Zonas úmidas ou de vegetação com grandes necessidades de água no paramento de jusante acima da cota do dreno, nas ombreiras e na zona a jusante da barragem fora da área de influência do dreno	1 ou 2
3 – Trincas	
3.1 Trincas profundas por secagem	1 ou 2
3.2.1 Trincas transversais acima do nível maximum maximorum	1
3.2.2 Trincas transversais atingindo uma cota abaixo do nível maximum maximorum	1 ou A
3.3.1 Trincas longitudinais verticais no coroamento	1 ou A
3.3.2 Trincas longitudinais horizontais nos paramentos	A ou E
4 – Deslizamentos	
4.1.1 Deslizamentos superficiais do talude de montante	1
4.1.2 Deslizamentos superficiais do talude de jusante	1
4.2 Deslizamento profundo	A ou E
5 – Depressões	
5.1 Depressões com pendentes suaves	2
5.2 Abatimentos	2 ou E
6 – Problemas de manutenção do aterro	
6.1 Problemas no paramento de montante	1
6.2.1 Problemas na proteção do coroamento por ação da água das chuvas	1
6.2.2 Problemas na proteção do coroamento causado por tráfego automóvel ou circulação de gado	2
6.3 Crescimento ou falta de vegetação no paramento de jusante	2
6.4.1 Deterioração por ação de animais: cupinzeiros	1
6.4.2 Deterioração por ação de animais: tocas e buracos de roedores	1 ou 2
7 – Deteriorações ou obstruções de estruturas hidráulicas	
7.1.1 Erosões no(s) vertedouro(s) não revestido(s)	1 ou 2
7.1.2 Erosões no(s) vertedouro(s) revestidos	2
7.2.1 Danos estruturais no(s) vertedouro(s) em concreto devido a subpressões	1 ou A
7.2.2 Danos estruturais no(s) vertedouro(s) em alvenaria	1
7.2.3 Desalinhamento de painéis adjacentes de vertedouro(s)	1
7.2.4 Danos estruturais por inclinação do(s) muro(s)-guia	A
7.2.5 Danos estruturais devidos a galgamento	A
7.3.1 Redução da capacidade de vazão causada por detritos	1
7.3.2 Redução da capacidade de vazão por perda de estabilidade de taludes	1 ou A
7.4.1 Funcionamento inadequado da comporta ou do registro	A
7.4.2 Funcionamento inadequado do vertedouro ou da descarga de fundo/tomada d'água por erosão da zona de restituição	1
7.4.3 Funcionamento inadequado da descarga de fundo/tomada d'água devido à acumulação de sedimentos ou detritos a montante	2
7.4.4 Funcionamento inadequado da descarga de fundo por perdas de água	1 ou A

G – Prioridade (E- Emergência, A- Atenção, 1- reparação em curto prazo, 2- reparação em médio prazo)

DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA:

Instruções:

1. **As atividades descritas nesse tópico correspondem ao detalhamento das atividades apresentados no quadro anterior.**
2. **O empreendedor deve seguir as orientações deste detalhamento para execução das manutenções.**
3. **Sempre que indicado com a figura do engenheiro ou, em caso de dúvidas, consultar um engenheiro com experiência em barragens.**

1 – BORDA LIVRE INSUFICIENTE

1.1 – BORDA LIVRE INSUFICIENTE SEM GALGAMENTO

O que é:
Borda livre (diferença entre a cota do coroamento e o nível máximo *maximorum*) inferior a 1 m ou subida do nível da água acima do nível máximo *maximorum* de projeto sem ultrapassar a cota de coroamento da barragem.

Causa mais provável do problema:
Borda livre de projeto inferior a 1 m.
Recalque da barragem com redução da borda livre para valores inferiores a 1 m.
Cheia superior à cheia máxima de projeto.

Importância dessa manutenção:
A manutenção proposta destina-se a evitar o galgamento da barragem, através da adoção de uma borda livre adequada e, em barragens zoneadas, evitar que a água passe por cima do núcleo. Caso ocorra uma cheia mais intensa, a barragem pode ser galgada, o que pode conduzir à ruptura da barragem. Trata-se assim de uma manutenção de caráter imediato, e até à sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer:

1. Altear a barragem ou baixar a cota da soleira do vertedouro, sob a orientação do engenheiro de barragens

1.2 – BORDA LIVRE INSUFICIENTE COM GALGAMENTO

O que é:
Borda livre (diferença entre a cota do coroamento e o nível máximo *maximorum*) inferior a 1 m, tendo subido o nível da água acima da cota de coroamento da barragem.

Causa mais provável do problema:
Cheia superior à cheia máxima de projeto.
Borda livre de projeto inferior a 1 m.
Recalque da barragem com redução da borda livre para valores inferiores a 1 m.

Importância dessa manutenção:

A manutenção proposta destina-se a reabilitar o aterro após o galgamento, com o tratamento das zonas erodidas pela ação da água e a dotar a barragem de uma borda livre adequada.
Após o galgamento e a ocorrência de erosão, a barragem é mais suscetível a galgamentos futuros, que poderão levar à sua ruptura.
Trata-se de uma manutenção necessária, e até à sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão

Pessoal:
Servente de pedreiro

Como fazer:

1. Remover o solo afetado pela erosão.
2. Altear a barragem ou repor a geometria inicial do aterro e baixar a cota da soleira do vertedouro, sob a orientação do engenheiro de barragens.

2 – PERCOLAÇÃO NÃO CONTROLADA

2.1 – SURGÊNCIAS NO PARAMENTO DE JUSANTE, OMBREIRAS E ZONA IMEDIATAMENTE A JUSANTE

2.1.1 – Surgências no paramento de jusante e ombreiras

O que é:
Aparecimento de água (surgência) limpa ou turva, com ou sem pressão, em qualquer zona não drenante do paramento de jusante ou nas ombreiras. Trata-se de surgência em zonas que em condições normais estariam sem escorrência de água.

Causa mais provável do problema:
Circulação de água ao longo do corpo da barragem devido à inexistência de sistema de drenagem interna.
Circulação de água ao longo das ombreiras devido a falta de ligação do aterro com as ombreiras ou à presença de uma zona de permeabilidade mais elevada nas ombreiras.

Importância dessa manutenção:
Em geral não representa uma ameaça imediata à integridade das barragens, mas pode ao longo do tempo provocar carreamento de materiais, quando esta surgência ocorre em solos.
A manutenção proposta visa evitar o carreamento materiais.
Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção. Quando a água se apresenta turva, até à sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Geotêxtil
- Areia
- Brita
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Colocar um geotêxtil sobre a zona da surgência.
2. Colocar uma camada de areia sobre o geotêxtil.
3. Colocar uma camada de brita sobre a areia.
4. Colocar uma camada de *rip-rap* sobre a brita.
5. Chamar o engenheiro de barragens, para avaliação da situação.

2.1.2 – Surgências na zona imediatamente a jusante sem deposição de material carreado

O que é:
Aparecimento de água (surgência) limpa, com ou sem pressão, na zona do terreno imediatamente a jusante.

Causa mais provável do problema:
Circulação de água ao longo da fundação da barragem, devido à inexistência de tapete drenante ou devido à presença de camadas permeáveis na fundação que atingem a superfície do terreno a jusante da barragem

Importância dessa manutenção:
Se as pressões da água na zona a jusante forem muito elevadas pode levar ao levantamento da zona a jusante, pelo que deve ser realizada a manutenção de imediato.
Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção. Até a sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Geotêxtil
- Areia
- Brita
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Colocar um geotêxtil sobre a zona da surgência.
2. Colocar uma camada de areia sobre o geotêxtil.
3. Colocar uma camada de brita sobre a areia.
4. Colocar uma camada de *rip-rap* sobre a brita.
5. Chamar o engenheiro de barragens, para avaliação da situação

2.1.3 – Surgências na zona imediatamente a jusante com deposição de material carreado

O que é:
Aparecimento de um movimento de água ascendente num ou mais pontos localizados na zona do do terreno imediatamente a jusante com deposição de material em forma de cone na zona em torno do ponto de saída.

Causa mais provável do problema:
Circulação de água ao longo da fundação da barragem, devido à inexistência de tapete drenante ou devido à presença de camadas permeáveis na fundação que atingem a superfície do terreno a jusante da barragem.

Importância dessa manutenção:
A intervenção destina-se a evitar o carreamento de materiais e o levantamento da zona a jusante, pelo que deve ser realizada de imediato.
Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção. Até à sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Geotêxtil
- Areia
- Brita
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Descer o nível d'água no reservatório.
2. Construir de um dique em torno do ponto de saída para localmente subir a cota da água.
3. Colocar um geotêxtil sobre a zona da surgência.
4. Colocar uma camada de areia sobre o geotêxtil.
5. Colocar uma camada de brita sobre a areia.
6. Colocar uma camada de *rip-rap* sobre a brita.
7. Chamar o engenheiro de barragens, para avaliação da situação.

2.2 – SURGÊNCIAS EM DRENOS OU ZONAS TRATADAS COM FILTROS E DRENOS

2.2.1 Surgências com turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos

O que é:
Aparecimento de água turva na zona de saída do tapete drenante, do dreno do pé do talude ou de zonas tratadas com filtros e drenos.

Causa mais provável do problema:
Deficiente funcionamento do sistema de drenagem interna, o qual não impede o carreamento de materiais.

Importância dessa manutenção:
A intervenção destina-se a evitar o carreamento de materiais, pelo que deve ser realizada de imediato.
Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção. Até à sua correção, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Descer o nível da água no reservatório.
2. Requer a orientação de um engenheiro de barragens.

2.2.2 Surgências sem turvação em drenos ou zonas tratadas com filtros e drenos

O que é:
Dreno de pé de jusante sem vazão, dreno que deixa de debitar água ou aumento da vazão do dreno para o mesmo nível da água no reservatório.

Causa mais provável do problema:
Quando o dreno de pé de jusante não tem vazão, alguns anos após o enchimento da barragem, pode significar um deficiente projeto ou construção.
A obstrução pode ser a causa para um dreno deixar de debitar água.
O aumento da vazão em drenos, sob o mesmo nível da água no reservatório, pode ser causado pela perda de estanqueidade da barragem, cuja origem deve ser investigada.

Importância dessa manutenção:
A intervenção destina-se a repor o funcionamento do sistema de drenagem interna ou a identificar fenômenos que levaram ao aumento das vazões e que podem levar à ruptura da barragem.

Como fazer?
1. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens

2.3 – SURGÊNCIAS EM ZONAS DE CONTATO DO ATERRO COM ESTRUTURAS RÍGIDAS

2.3.1 Surgências nos contatos do aterro com o(s) vertedouro(s)

O que é:
Aparecimento de água (surgência) a jusante no contato do aterro com os muros do vertedouro.

Causa mais provável do problema:
Deficiente compactação do aterro junto ao muro do vertedouro.

Importância dessa manutenção:
Em geral não representa uma ameaça imediata à integridade das barragens, uma vez que a água aparece a cotas elevadas e com baixa pressão, mas pode ao longo tempo provocar a erosão do aterro com carreamento de materiais.
A manutenção proposta visa evitar o carreamento materiais.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solos argilosos

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Logo que o nível da água no reservatório desça abaixo da zona onde surge a surgência;
2. Remover os materiais molhados junto à parede
3. Colocação e compactação adequada dos materiais na zona removida, de modo a repor a geometria inicial.

2.3.2 Surgências nos contatos do(s) conduto(s) da descarga de fundo /tomada d'água (não em pressão) com o aterro ou com a fundação

O que é:
Aparecimento de água (surgência) a jusante no contato dos condutos com o aterro, com a comporta de montante fechada.

Causa mais provável do problema:
Deficiente compactação do aterro ao longo do conduto e inexistência de sistema de drenagem interna em contato com o conduto, ou deficiente preenchimento da zona de fundação ao longo do conduto.

Importância dessa manutenção:
A circulação de água ocorre sob pressões elevadas quando o reservatório está cheio, pelo que a prazo, esta situação pode provocar facilmente o carreamento de materiais (*situação potencialmente grave*, a resolver de imediato). A manutenção proposta visa o evitar o carreamento de matérias sob pressões elevadas. Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção.

Como fazer?
1. Descer do nível do reservatório
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens

2.3.3 Surgências nos contatos do aterro com o(s) conduto(s) da descarga de fundo /tomada d'água, apenas quando em pressão,

O que é:
Aparecimento de água (surgência) a jusante no contato dos condutos com o aterro, apenas com a comporta de montante aberta e com o nível do reservatório a cotas elevadas.

Causa mais provável do problema:
Fissuras ou orifícios no conduto.

Importância dessa manutenção:
A manutenção dever ser efetuada logo após a sua deteção (*situação potencialmente grave*, a resolver no imediato) uma vez que a circulação de água sob pressões elevadas pode provocar facilmente o carreamento de materiais e a ruptura da barragem.
Se não for possível fechar a comporta de montante, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Fechar imediatamente a comporta a montante do conduto.
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

2.4 – ZONAS ÚMIDAS OU DE VEGETAÇÃO COM GRANDES NECESSIDADES DE ÁGUA

O que é:
O aparecimento, no paramento de jusante ou a jusante deste, de zonas muito molhadas ou zonas com vegetação muito verdejante ou com muita necessidade de água.

Causa mais provável do problema:
A inexistência de sistema de drenagem interno adequado, quando as zonas de vegetação mais densa abaixo de uma certa cota do paramento de jusante.
Zonas de circulação de água através das ombreiras e da fundação, não captada pelo sistema de drenagem interna.

Importância dessa manutenção:
A intervenção destina-se a controlar a saída de água e evitar o carreamento de materiais. Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção se atingir uma zona extensa.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Foice
- Motoserra
- Roçador
- Tesoura de poda
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Geotêxtil

- Areia
- Brita
- *Rip-rap*

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Cortar a vegetação na zona afetada
2. Colocar um geotêxtil sobre a zona úmida.
3. Colocar uma camada de areia sobre o geotêxtil.
4. Colocar uma camada de brita sobre a areia.
5. Colocar uma camada de *rip-rap* sobre a brita.
6. Chamar o engenheiro de barragens, para avaliação da situação

3 - TRINCAS

3.1 – TRINCAS PROFUNDAS POR SECAGEM

O que é:
Aparecimento de fissuras espalhadas ao longo das zonas emersas da barragem e com uma forma muito diferente de local para local ou alveolar.

Causa mais provável do problema:
Perda de água e perda de volume à superfície de solos argilosos em climas secos e quentes.

Importância dessa manutenção:
Devido à infiltração da água das chuvas através das trincas profundas, e à perda de resistência dos materiais do aterro, pode produzir-se o ravinamento e a desestabilização de certas zonas superficiais.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso
- Sementes
- Solo orgânico
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Servente de pedreiro
- Trabalhador da fazenda

Como fazer?
1. Umedecer lentamente as trincas do interior para o exterior e verificar o seu fechamento previamente à estação das chuvas.
2. Remover os solos em torno da trinca e preenchimento com material argiloso devidamente umidificado (tornando-o plástico) e compactado, se o fechamento não se tiver produzido pela tarefa 1.
3. Colocar solo orgânico.
4. Proteger o paramento de jusante através da sementeira de espécies adequadas ou de uma camada de *rip-rap*
5. Nos períodos secos, proceder à rega das espécies semeadas.

3.2 – TRINCAS TRANSVERSAIS

3.2.1 Trincas transversais acima do nível máximo maximorum

O que é:
Aparecimento de fissuras na direção transversal do barramento, em geral, no coroamento da barragem, junto às ombreiras, a uma cota superior ao nível máximo maximorum.

Causa mais provável do problema:
Recalques diferenciais devido à variação brusca da altura do aterro.

Importância dessa manutenção:
Devido à infiltração da água das chuvas estas trincas podem evoluir se não forem devidamente tratadas.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Utensílios para aquecer e aplicar o material betuminoso
- Material betuminoso

Pessoal:

- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Limpar a trinca.
2. Selar a trinca com material betuminoso

3.2.2 Trincas transversais abaixo do nível máximo maximorum

O que é:
Aparecimento de fissuras na direção transversal do barramento, em geral, no coroamento da barragem, junto às ombreiras, até ou a uma cota inferior ao nível máximo maximorum, com ou sem circulação de água.

Causa mais provável do problema:
Recalques diferenciais devido à variação brusca da altura do aterro para as fendas verticais.

Importância dessa manutenção:
Estas trincas são caminhos de fluxo concentrado de água quando o nível da água do reservatório as atinge, podendo consequentemente conduzir a uma muito rápida erosão e à formação de uma brecha. Trata-se assim de uma manutenção a executar logo após a sua detecção.
Se o nível da água subir acima da cota da fissura e a água sair com pressão a jusante, devem ser implementadas as medidas de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6)

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Utensílios para aquecer e aplicar o material betuminoso
- Material betuminoso

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Descer, se necessário, o nível d'água no reservatório para uma cota inferior à da trinca.
2. Limpar a trinca.
3. Selar a trinca com material betuminoso.
4. Se quando subir o nível da água, existir passagem de água pela trinca, selagem sob a orientação de um engenheiro de barragens.

3.3 – TRINCAS LONGITUDINAIS

3.3.2 Trincas longitudinais verticais no coroamento

O que é:
Aparecimento de fissuras verticais na direção do eixo do barramento no coroamento ou ao longo dos taludes de montante e de jusante da barragem.

Causa mais provável do problema:
Recalques diferenciais entre zonas de aterro adjacentes em barragens de aterro zoneadas.
Recalques diferenciais devido à molhagem no interior do aterro.
Perda de estabilidade do aterro (em geral com forma arqueada).

Importância dessa manutenção:
Por permitirem a infiltração de água, as trincas longitudinais verticais podem causar a diminuição da resistência na zona do aterro a elas adjacente, pondendo conduzir ou acelerar a ruptura do talude por deslizamento.
Trata-se de uma manutenção a executar logo após a sua detecção.
Se existir desnível entre as faces da fissura (escarpa) corresponde a um deslizamento e a manutenção a efetuar é descrita em 4 – Deslizamentos.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Utensílios para aquecer e aplicar o material betuminoso

- Material betuminoso

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Limpar a trinca.
2. Selar a trinca com material betuminoso.
3. Se a trinca voltar a formar-se ou aumentar a sua dimensão, requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

3.3.2 Trincas longitudinais horizontais nos paramentos

O que é:
Aparecimento de fissuras horizontais na direção do eixo do barramento nos taludes de montante e de jusante da barragem, sem ou com circulação de água.

Causa mais provável do problema:
Efeito de arco em vales muito apertados durante o enchimento das barragens, em que a deformação da parte superior da barragem não acompanha a deformação da parte inferior.

Importância dessa manutenção:
É necessário proceder a manutenção logo após a sua detecção, uma vez que estas trincas facilitam a formação de um caminho direto da água entre o reservatório e a a face exterior do paramento de jusante. Podem conduzir a rupturas desastrosas e a ocorrência de carreamento de materiais.
Se a trinca tiver a jusante saída de água, trata-se de uma situação de alerta. Se sair abundante água turva da trinca e esta se localizar na zona inferior da barragem, trata-se de uma situação de emergência. Nestes casos, devem ser implementadas as medidas indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Descer o nível no reservatório abaixo da cota da trinca.
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

4 – DESLIZAMENTOS

4.1 – DESLIZAMENTOS SUPERFICIAIS

4.1.1 Deslizamentos superficiais do talude de montante

O que é:
Movimento à superfície de uma massa *rip-rap* e de solo do talude de montante.

Causa mais provável do problema:
Declive do talude de montante demasiado íngreme para o esvaziamento rápido do reservatório.

Importância dessa manutenção:
Em geral, não representam uma ameaça imediata à integridade da barragem, mas podem provocar a obstrução da entrada da descarga de fundo/tomadas de água ou a ocorrência de deslizamentos profundos de maiores dimensões, pelo que a manutenção deve ser efetuada logo que possível.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Conjunto Motobomba
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Descer o nível d'água no reservatório.
2. Desobstruir a entrada da descarga de fundo/ tomada d'água, se necessário.
3. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

4.1.2 Deslizamentos superficiais do talude de jusante

O que é:
Movimento à superfície de uma massa de solo do talude de jusante.

Causa mais provável do problema:
Declive do talude de jusante demasiado íngreme para condições atmosféricas adversas.
Perda de resistência por molhagem do material de aterro, devido à percolação ou a escorrência superficial de água.

Importância dessa manutenção:
Em geral, não representam uma ameaça imediata à integridade da barragem, mas podem provocar a obstrução da zona de saída do dreno do pé de jusante ou do tapete drenante e da estrutura de saída da descarga de fundo/tomada d'água, o que induzir deslizamentos futuros. Trata-se de uma situação potencialmente grave, a resolver de imediato.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Desobstruir o dreno de pé de jusante e da estrutura de saída da descarga de fundo/tomada d'água.
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

4.2 – DESLIZAMENTOS PROFUNDOS

O que é:
Movimento de grandes massas de solos e eventualmente do terreno de fundação, com formação de escarpas na zona superior e zonas protuberantes junto ao pé do talude.

Causa mais provável do problema:
Declive do talude de jusante demasiado íngreme para condições atmosféricas adversas.
Perda de resistência por molhagem do material de aterro, devido à percolação ou a escorrência superficial de água.

Importância dessa manutenção:
Os deslizamentos profundos são uma séria ameaça para a segurança da barragem, já que quando atingem o coroamento podem reduzir a borda livre da barragem, no maciço de montante deixam infiltrar no aterro a água do reservatório e no maciço de jusante reduzem a capacidade resistente da barragem. Podem também obstruir e danificar as estruturas de entrada ou de saída da descarga de fundo/tomada d'água.
Trata-se, assim, de uma manutenção de caráter urgente. Se o escorregamento tiver reduzido significativamente a borda livre e o nível da água estiver elevado, constitui uma situação de alerta. Se houver galgamento da barragem pelo local do escorregamento, trata-se de uma situação de emergência. Nestes casos, devem ser implementadas as medidas indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Conjunto Motobomba

Como fazer?

1. Descer o nível da água no reservatório, se necessário.
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

5 – DEPRESSÕES

5.1 – DEPRESSÕES COM PENDENTES SUAVES

O que é:
São deformações para o interior do coroamento ou dos taludes com variações de declive muito suave, dispersas ou localizadas ao longo da superfície da barragem.

Causa mais provável do problema:
Recalques do aterro ou da fundação.
Erosão provocada pela ação das ondas no paramento de montante.
Escolha imprópria de materiais no final da construção.

Importância dessa manutenção:
Em geral, as depressões não constituem uma ameaça para a barragem. A manutenção deverá ser feita para evitar a acumulação e a mais fácil infiltração de águas nestas zonas. Quando atingem o coroamento, podem contribuir para a perda de borda livre.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso
- *Rip-rap*

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Repor a geometria inicial através da limpeza e escarificação do solo superficial e posterior compactação de solo argiloso no coroamento e no paramento de jusante.
2. Repor a geometria inicial do paramento de montante através da colocação de *rip-rap*.

5.2 – ABATIMENTOS

O que é:
São deformações para o interior do coroamento ou dos taludes com uma forte inclinação no seu contorno e, por vezes, com um vazio central.

Causa mais provável do problema:

Colapso dos solos subjacentes para o interior de cavidades formadas por erosão interna dos materiais de aterro.

Importância dessa manutenção:
Se forem detectados vazios ou água em circulação no fundo do abatimento, trata-se de uma situação de elevado perigo, potencialmente conducente à ruptura da barragem, pelo que deverá ser efetuada de imediato a manutenção da barragem. Devem também ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta e, se houver aumento do abatimento e a saída de água ou materiais por qualquer ponto da barragem, da fundação ou das ombreiras as medidas de emergência indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Descer imediatamente o nível d'água no reservatório se forem detetados vazios ou água em circulação subjacente ao abatimento.
2. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

6 - PROBLEMAS DE MANUTENÇÃO DO ATERRO

6.1 – PROBLEMAS NO PARAMENTO DE MONTANTE

O que é:
Movimento da zona de proteção e do material subjacente do paramento de montante imediatamente acima do nível normal da água no reservatório e sua deposição numa zona inferior do talude, dando origem à formação de uma área relativamente plana (designada por *praia*), limitada a montante por um declive íngreme ou por uma escarpa.

Causa mais provável do problema:
A ação das ondas induzidas pelo vento no reservatório.
Falta de proteção no paramento de montante.
Material de proteção do paramento de montante inadequado.

Importância dessa manutenção:
A progressão deste fenômeno pode levar à diminuição da largura e à perda local de estabilidade do talude, e num caso extremo ao galgamento da barragem. A manutenção deve ser realizada logo que possível.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso
- Areia
- *Rip-rap*

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Remover superficialmente as zonas afetadas
2. Repor a geometria do talude de montante sem a camada de proteção com solo argiloso, devidamente compactado
3. Colocar uma camada de areia
4. Colocar uma camada de rip-rap de boa qualidade.

6.2 – PROBLEMAS NA PROTECÇÃO DO COROAMENTO

6.2.1 Causados por ação da água das chuvas

O que é:
Deterioração do coroamento devido a zonas de acumulação da água das chuvas.

Causa mais provável do problema:
Falta de nivelamento no acabamento do coroamento
Falta de inclinação do coroamento para montante, para drenar adequadamente a água das chuvas

Importância dessa manutenção:
A infiltração de água pode provocar problemas de estabilidade do aterro, pelo que é necessário proceder a esta manutenção.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Prencher as zonas de acumulação de água com solos argilosos devidamente compactados.
2. Adotar uma inclinação mínima de 3% para montante para o coroamento.

6.2.2 Causados por tráfego automóvel ou circulação de gado

O que é:
Sulcos e trilhos no coroamento da barragem.

Causa mais provável do problema:
Tráfego automóvel
Acesso do gado

Importância dessa manutenção:
A infiltração de água pode provocar problemas de estabilidade do aterro, pelo que é necessário proceder a esta manutenção.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Compactador manual
- Solo argiloso

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Prencher os sulcos e os trilhos com solos argilosos devidamente compactados.

6.3 – CRESCIMENTO OU FALTA DE VEGETAÇÃO NO PARAMENTO DE JUSANTE

O que é:

Presença de árvores ou arbustos de grande porte ou zonas sem vegetação no paramento de jusante não revestido com *rip-rap*.

Causa mais provável do problema:

Falta de manutenção preventiva
Condições climatéricas adversas

Importância dessa manutenção:

As raízes das árvores e os arbustos de grande porte quando cortados tardiamente, quando arrancados pelo vento ou quando morrem constituem caminhos de circulação de água, que podem levar ao carreamento de materiais e à ruptura da barragem.
As áreas sem vegetação são erodíveis pela ação da água das chuvas.
Esta manutenção é, assim, essencial.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Foice
- Motoserra
- Roçador
- Tesoura de poda
- Enxada
- Pá
- Solo orgânico
- Sementes
- *Rip-rap*

Pessoal:

- Trabalhador da fazenda
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Cortar as árvores e os arbustos de grande porte ao nível do talude.
2. Colocar solo orgânico nas zonas com falta de vegetação.
3. Semear vegetação adequada.
4. Regar a zona semeada na época estival.

6.4 – DETERIORAÇÃO POR AÇÃO DE ANIMAIS

6.4.1 Cupinzeiros

O que é:
Presença de cupinzeiros na zona do aterro.

Causa mais provável do problema:
Falta de erradicação dos cupins numa fase inicial.

Importância dessa manutenção:
Estas perfurações produzem o enfraquecimento do aterro e o fácil acesso de água quando de muito grandes dimensões. Trata-se de uma situação a resolver na primeira oportunidade, em curto prazo.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Máscara
- Luvas
- Mangueira
- Produto para a eliminação dos cupins
- Calda de cimento ou equivalente

Pessoal:
- Trabalhador da fazenda

Como fazer?
1. Eliminar os cupins de acordo com o indicado na Figura V.1.
2. Preencher as galerias do cupinzeiro com calda de cimento.

6.4.2 Tocas e buracos de roedores

O que é:
Presença de tocas e buracos na zona do aterro, das ombreiras e da fundação.

Causa mais provável do problema:
Falta de erradicação de roedores.

Importância dessa manutenção:
Estas perfurações produzem o fácil acesso de água por vezes nas zonas inferiores do aterro, a pressões elevadas. Trata-se de uma situação a resolver na primeira oportunidade, em curto prazo.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Mangueira

- Calda de cimento ou equivalente

Pessoal:

- Trabalhador da fazenda

<u>Como fazer?</u>

1. Preencher as tocas dos animais com calda de cimento
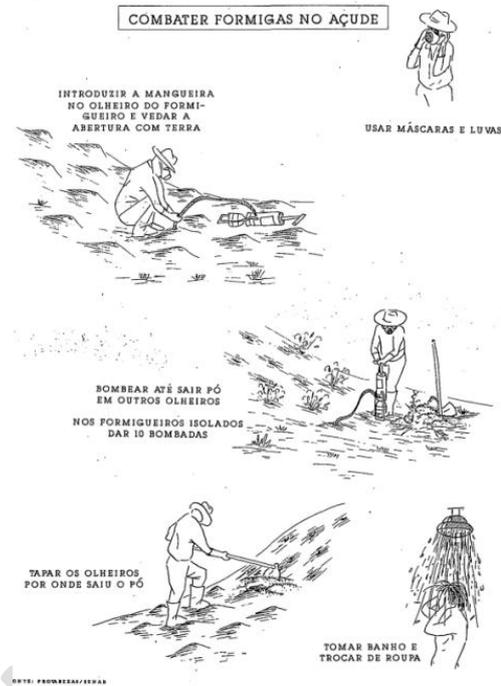
Figura V.1 – Tratamento de zona afetada por formigueiro (Molle e Cadier, 1992)

7 – DETERIORAÇÕES OU OBSTRUÇÕES DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

7.1 – EROSÕES

7.1.1 Erosões no(s) vertedouro(s) não revestido(s)

O que é:
Sobreescavação por ação da água de qualquer zona de vertedouro.

Causa mais provável do problema:
Falta de revestimento do vertedouro.
Terreno erodível pelo escoamento da água.
Velocidade de escoamento muito elevadas devido à configuração do vertedouro.
Transporte de detritos pelo escoamento.

Importância dessa manutenção:
As erosões tendem a alterar as condições do escoamento. As zonas previamente erodidas são, em geral, mais erodidas no decurso da próxima cheia. Quando a erosão atinge as zonas laterais do canal podem provocar a instabilização das zonas superiores, as quais podem obstruir o vertedouro. As erosões na zona de restituição de vertedouros podem provocar alterações das margens ou danificar a própria barragem. Trata-se de uma situação a resolver logo após a passagem da cheia.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Betoneira
- Concreto magro

Pessoal:
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Remover materiais soltos e zonas instáveis.
2. Preencher as cavidades erodidas com concreto magro
3. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens se as erosões forem muito intensas ou tiverem ocorrido após a realização das tarefas 1 e 2.

7.1.2 Erosões no(s) vertedouro(s) revestido(s)

O que é:
Aparecimento de zonas descascadas ou fissuradas no concreto do revestimento do vertedouro após a ocorrência de cheias.

Causa mais provável do problema:
Concreto do revestimento do vertedouro de má qualidade ou construído de modo deficiente.

Velocidade de escoamento muito elevadas devido à configuração do vertedouro.
Transporte de detritos pelo escoamento.

Importância dessa manutenção:
As erosões tendem a alterar as condições do escoamento. As zonas previamente erodidas são, em geral, mais erodidas no decurso da próxima cheia. Os muros laterais ou taludes do canal podem desestabilizar devido a sobre-escavações na sua base. As erosões na zona de restituição de vertedouros podem provocar alterações das margens ou danificar a própria barragem. Trata-se de situação a resolver na primeira oportunidade, em curto prazo.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Betoneira
- Concreto

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Remover materiais soltos e zonas instáveis.
2. Remover as zonas mais degradadas do concreto.
3. Preencher as zonas removidas com concreto de modo a repor a geometria inicial e a obter uma superfície regular e lisa.
4. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens se as erosões forem muito intensas ou tiverem ocorrido após a realização das tarefas 1 a 3.

7.2 – DANOS ESTRUTURAIS

7.2.1 Danos estruturais no(s) vertedouro(s) em concreto devido a subpressões

O que é:
Aparecimento de fissuras na laje de concreto do revestimento do vertedouro e acompanhadas, por vezes, por levantamento da laje.

Causa mais provável do problema:
Pressões elevadas da água sobre a laje do vertedouro, devido a terrenos de fundação do vertedouro permeáveis e inexistência de sistema de drenagem sob o vertedouro

Importância dessa manutenção:
As pressões elevadas, além de fissurarem o concreto, podem produzir desnivelamentos entre os diferentes painéis da laje e levar a erosões mais intensas. Em casos extremos podem produzir o seu levantamento para níveis da água no reservatório elevados, sem descarga. É, assim, indispensável proceder à sua reparação.

Se os danos forem muito severos, o vertedouro pode colapsar no decurso de uma cheia muito intensa, pelo que, caso esta ocorra, devem também ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?

1. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

7.2.2 Danos estruturais no(s) vertedouro(s) em alvenaria

O que é:
Alvenaria com fissuras, com blocos de pedra soltos e desalinhados, com juntas não argamassadas e passagens de água.

Causa mais provável do problema:
Alvenaria de má qualidade ou executada de um modo deficiente.
Velocidade de escoamento muito elevadas devido à configuração do vertedouro.
Assentamentos ou subpressões na fundação.

Importância dessa manutenção:
A alvenaria pode deteriorar rapidamente no decurso das cheias e por infiltração de água nas juntas e fissuras. Trata-se de uma situação a resolver de imediato.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Argamassa
- Calda de cimento
- Mástique

Pessoal:

- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?

1. Selagem das juntas e fissuras com argamassa.
2. Selagem das juntas e fissuras mais finas com calda de cimento ou mástique.

7.2.3 Desalinhamento de painéis adjacentes de vertedouro(s)

O que é:
Desnivelamento das juntas de construção das lajes ou desalinhamento dos muros do vertedouro que provocam perturbações do escoamento.

Causa mais provável do problema:
Alvenaria de má qualidade ou executada de um modo deficiente.
Velocidade de escoamento muito elevadas devido à configuração do vertedouro.
Assentamentos ou subpressões na fundação.

Importância dessa manutenção:
Os desalinhamentos e desnivelamentos entre painéis adjacentes de vertedouro causam erosões do concreto na zona das juntas, durante a ocorrência de cheias, que tendem agravar-se ao longo do tempo. É indispensável proceder à sua reparação em curto prazo, antes do gravamento da situação.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Martelo
- Ponteira de aço
- Carrinho de mão
- Mástique

Pessoal:
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

Como fazer?
1. Remover a zona de concreto nas proximidades das juntas onde há perturbação do escoamento, de modo a eliminar o desnível ou desalinhamento entre os bordos da junta.
2. Selagem das juntas com mástique.

7.2.4 Inclinação do(s) muro(s) do(s) vertedouro(s)

O que é:
Os muros inclinam-se para o interior do canal do vertedouro.

Causa mais provável do problema:
Insuficiente resistência estrutural do muro para as pressões das terras e da água existentes no local.

Importância dessa manutenção:
Para além de perturbar o escoamento, a inclinação do muro pode aumentar e produzir o seu derrubamento.
Se a inclinação do muro for elevada, o vertedouro pode colapsar no decurso de uma cheia, pelo que, caso esta ocorra, devem ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

7.2.5 Danos estruturais devidos a galgamento do vertedouro

O que é:
Durante a ocorrência de cheias, água transborda o vertedouro, escoando-se para o seu exterior e atingindo a barragem ou a margem.

Causa mais provável do problema:
Ocorrência de uma cheia superior à cheia de projeto do vertedouro.
Deficiente concepção do vertedouro.

Importância dessa manutenção:
O galgamento dos muros laterais, quando perdura, pode provocar grandes danos na barragem e na margem onde está implantado.
Se for previsível a ocorrência de uma cheia capaz de provocar o galgamento dos muros, antes ter sido realizada a manutenção, devem ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens.

7.3 – REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE VAZÃO

7.3.1 Redução da capacidade de vazão causada por detritos

O que é:
Obstrução parcial ou total de qualquer zona do vertedouro por materiais transportados pelo escoamento.

Causa mais provável do problema:
Grande transporte de detritos por chuvas intensas.
Presença de detritos florestais na bacia hidrográfica.
Condições topográficas e vegetação propícias ao arrastamento de detritos pela água.

Importância dessa manutenção:
O vertedouro devido à obstrução não é capaz de escoar a cheia para a qual foi projetado, pelo que será necessário proceder à manutenção corretiva antes da ocorrência da próxima cheia.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:
- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- Flutuadores
- Cordas
- Estacas de amarração
- Barco

Pessoal:
- Trabalhador da fazenda

Como fazer?
1. Remover e limpar de troncos e outros obstáculos no canal de aproximação, no vertedouro e na zona de restituição.
2. Limpar os detritos existentes na bacia hidrográfica na proximidade do reservatório.

7.3.2 Redução da capacidade de vazão por perda de estabilidade de taludes

O que é:
Obstrução parcial ou total de qualquer zona do vertedouro por materiais que deslizam de encostas localizadas a cotas superiores.

Causa mais provável do problema:
Perda de estabilidade ou queda de blocos rochosos das encostas.

Importância dessa manutenção:
O vertedouro devido à obstrução não é capaz de escoar a cheia para a qual foi projetado, pelo que será necessário proceder à manutenção corretiva antes da ocorrência da próxima cheia.
Se for previsível a ocorrência de uma cheia, antes ter sido realizada a manutenção, devem ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Requerer a orientação de um engenheiro geotécnico.

7.4 EQUIPAMENTOS

7.4.1 Funcionamento inadequado da comporta ou do registro

O que é:
Comporta ou registro que não permitem a abertura ou o fecho total da descarga de fundo/tomada d'água.

Causa mais provável do problema:
Avaria ou deterioração do equipamento.
Obstrução parcial ou total da entrada ou saída da descarga de fundo/tomada d'água.

Importância dessa manutenção:
O funcionamento destes equipamentos é essencial para proceder ao esvaziamento do reservatório quando associados à descarga de fundo, ou para usar a água, quando associados à tomada d'água. Trata-se, assim, de uma manutenção essencial para o controle de segurança da barragem e para a sua operação.
Se for previsível a ocorrência de uma cheia excepcional, antes ter sido realizada a manutenção, devem ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?
1. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens

7.4.2 Funcionamento inadequado do vertedouro ou da descarga de fundo/tomada d'água por erosão da zona de restituição

O que é:
Perturbação das condições de restituição da vazão do vertedouro aumentando a capacidade de erosão na zona de restituição.

Causa mais provável do problema:
Concepção inadequada da bacia de dissipação do vertedouro ou da descerga de fundo.
Grande erobilidade da zona de restituição a jusante da bacia de dissipação do vertedouro ou da descarga de fundo.

Importância dessa manutenção:
Evitar a deterioração da zona a jusante e da zona do pé de jusante da barragem. Trata-se de uma atividade de manutenção a implementar em curto prazo ou, se os danos detectados forem severos, no imediato.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- *Rip-rap*

Pessoal:

- Trabalhador da fazenda

Como fazer?

1. Colocar rip-rap de proteção ou de reparação na zona a jusante da bacia de dissipação do vertedouro ou da descarga de fundo.
2. Colocar rip-rap de proteção no pé de jusante da barragem se esta tiver sinais de erosão
3. Requerer a orientação de um engenheiro de barragens se as erosões forem muito intensas ou tiverem ocorrido após a realização das tarefas 1 a 2.

7.4.3 Funcionamento inadequado da descarga de fundo/tomada d'água

O que é?
Redução da vazão da descarga de fundo/tomada d'água

Causa mais provável do problema:
Acumulação de sedimentos ou detritos a montante.

Importância dessa manutenção:
Dificulta o esvaziamento do reservatório (no caso da descarga de fundo) e o uso da água (no caso da tomada d'água). Trata-se de uma atividade de manutenção a realizar na primeira oportunidade, em curto prazo.

Recursos necessários:

Equipamentos e materiais:

- Enxada
- Pá
- Carrinho de mão
- *Rip-rap*

Pessoal:

- Trabalhador da fazenda

Como fazer?

1. Abrir a descarga de fundo/tomada d'água durante a ocorrência de uma cheia intensa.
2. Limpar os detritos acumulados em torno da descarga de fundo/tomada d'água, se o reservatório for esvaziado.

7.4.4 Funcionamento inadequado da descarga de fundo por perdas de água

O que é?

Perda de água do conduto através de fissuras ou orifícios.

Causa mais provável do problema:

Fraturação do conduto devido à compactação do aterro
Fissuração do conduto devido a recalques diferenciais na fundação.
Insuficiente resistência estrutural do conduto para as pressões instaladas.

Importância dessa manutenção:

A passagem de água através do conduto possibilita a erosão da zona adjacente, o que pode originar a ruptura da barragem se o conduto estiver em contato com o aterro. A manutenção deve ser feita logo que possível, uma vez que até à sua realização, não deve ser utilizada a descarga de fundo/tomada d'água.
Se não existir comporta a montante ou esta não esteja em funcionamento, antes ter sido realizada a manutenção, devem ser implementadas as medidas próprias de situação de alerta indicadas no Guia de Procedimentos de Emergência (Capítulo 6).

Como fazer?

1. **Requerer** a orientação de um engenheiro de barragens.

ANEXO 6 - FICHAS DE REGISTRO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

FICHAS DE REGISTRO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Instruções:

1. O empreendedor deve registrar nas fichas abaixo as atividades de operação, manutenção e inspeção realizadas a cada mês.
2. O mês 1 do planejamento corresponde ao primeiro mês do período chuvoso.
3. O emprendedor deve manter arquivadas as fichas de manutenção preenchidas para apresentação à fiscalização, quando solicitado.
4. Para o preenchimento da ficha, a coluna "Tarefas" apresenta a lista de atividades que o empreendedor deve realizar naquele mês.
5. A coluna "Executada" deve registrar se a tarefa foi realizada (sim ou não).
6. A coluna "Data" deve indicar a data em que foi realizada a tarefa.
7. A coluna "condições atmosféricas" deve indicar as condições do tempo (sol, chuva, nublado) quando da realização da tarefa.
8. A coluna "Autoria" deve indicar quem realizou a tarefa.
9. A coluna "observações" deve ser preenchida sempre que algum fato relevante mereça ser registrado.
10. Os arquivos digitais contendo essas fichas podem ser encontrados no site www.ana.gov.br/segurancadebarragens

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 1:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d’água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
A.3 Garantia da integridade da vedação					
A.4 Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos					
B.1 Corte da vegetação entre o rip-rap					
B.2 Corte da vegetação arbustiva e árvores					
B.3 Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do *rip-rap*					
B.4 Garantia da integridade da vedação					
C.1 Manutenção da proteção vegetal					
C.2 Regularização das superfícies (ravinamento)					
C.3 Garantia da integridade da vedação					
C.4 Corte de vegetação arbustiva e árvores					
C.5 Manutenção das calhas					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
E.1 Reparação de sulcos e aberturas					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
F.2 Regularização geométrica					
F.3 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.2 Regularização geométrica (soleira e taludes)					
G.3 Manutenção da cobertura vegetal					
G.4 Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)					
G.5 Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural					
G.6 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade					
H.1 Reparação de deterioração no concreto					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
I.1 Manuseio da comporta de montante					
I.2 Manuseio da comporta ou válvula de jusante					
J.2 Garantia de integridade da vedação e das zonas de bebedouros					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 2:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manutenção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manutenção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 3:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manutenção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manutenção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 4:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
A.1 Reparação corrente de trincas devidas à secagem					
A.3 Garantia da integridade da vedação					
A.4 Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos					
B.2 Corte da vegetação arbustiva e árvores					
B.3 Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do *rip-rap*					
B.4 Garantia da integridade da vedação					
C.1 Manutenção da proteção vegetal					
C.2 Regularização das superfícies (ravinamento)					
C.3 Garantia da integridade da vedação					
C.4 Corte de vegetação arbustiva e árvores					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.3 Manutenção da cobertura vegetal					
G.4 Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)					
G.5 Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural					
H.1 Reparação de deterioração no concreto					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
I.1 Manuseio da comporta de montante					
I.2 Manuseio da comporta ou válvula de jusante					
J.2 Garantia de integridade da vedação e das zonas de bebedouros					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 5:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manutenção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 6:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manutenção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manutenção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 7:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
A.1 Reparação corrente de trincas devidas à secagem					
A.2 Regularização geométrica (correcção do nivelamento)					
A.3 Garantia da integridade da vedação					
A.4 Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos					
B.1 Corte da vegetação entre o rip-rap					
B.2 Corte da vegetação arbustiva e árvores					
B.3 Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do *rip-rap*					
B.4 Garantia da integridade da vedação					
C.1 Manutenção da proteção vegetal					
C.2 Regularização das superfícies (ravinamento)					
C.3 Garantia da integridade da vedação					
C.4 Corte de vegetação arbustiva e árvores					
C.5 Manutenção das calhas					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
E.1 Reparação de sulcos e aberturas					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
F.2 Regularização geométrica					
F.3 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.2 Regularização geométrica (soleira e taludes)					
G.3 Manutenção da cobertura vegetal					
G.4 Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)					
G.5 Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural					
G.6 Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade					
H.1 Reparação de deterioração no concreto					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
I.1 Manuseio da comporta de montante					
I.2 Manuseio da comporta ou válvula de jusante					
J.1 Remoção do assoreamento do fundo					
J.2 Garantia de integridade da vedação e das zonas de bebedouros					
J.3 Plantação de espécies protetoras da erosão do solo vegetal ou cerca de proteção relativamente ao transporte eólico					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
J.5 Plantação de árvores para proteção da incidência solar					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 8:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 9:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 10:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manutenção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
A.1 Reparação corrente de trincas devidas à secagem					
A.3 Garantia da integridade da vedação					
A.4 Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos					
B.2 Corte da vegetação arbustiva e árvores					
B.3 Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do *rip-rap*					
B.4 Garantia da integridade da vedação					
C.1 Manutenção da proteção vegetal					
C.2 Regularização das superfícies (ravinamento)					
C.3 Garantia da integridade da vedação					
C.4 Corte de vegetação arbustiva e árvores					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.3 Manutenção da cobertura vegetal					
G.4 Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)					
G.5 Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural					
H.1 Reparação de deterioração no concreto					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
I.1 Manuseio da comporta de montante					
I.2 Manuseio da comporta ou válvula de jusante					
J.2 Garantia de integridade da vedação e das zonas de bebedouros					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manutenção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 11:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

Barragem:					
Planejamento e Registro de Operação e Manutenção					
Mês 12:					
Tarefa de Operação	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
Leitura do nível do reservatório					Nível d'água:
Tarefa de Manuteção Preventiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)
B.4 Garantia da integridade da vedação					
D.1 Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras					
F.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
G.1 Limpeza de detritos e outros obstáculos					
H.2 Garantia de integridade da vedação					
J.4 Remoção das plantas aquáticas					
Tarefa de Manuteção Corretiva	Executada (1)	Data	Condições (2) atmosféricas	Autoria	Observações (3)

(1) Executada (S/N); (2) Condições atmosféricas (S: sol, N: nublado, C: chuva); (3) Notas e referências a esquemas e fotografias

ANEXO 7 - RECOMENDAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO E A CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

RECOMENDAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO E A CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS BARRAGENS DE TERRA

Objeto

As presentes recomendações são aplicáveis ao projeto e à construção de pequenas barragens de terra.

a. Recomendação para o projeto de pequenas barragens de terra

No projeto de pequenas barragens de terra deve assegurar-se a estabilidade dos taludes em todas as fases da vida da obra, em especial durante os esvaziamentos rápidos, considerar o controle da percolação, a existência de uma borda livre adequada e a proteção dos taludes contra a erosão causada pela chuva e pelas ondas.

Elaboração dos projetos

Os projetos devem ser elaborados por técnicos registrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA e ter Anotação de Responsabilidade Técnica – ART registrada no CREA da região onde se desenvolvem os projetos.

Organização dos projetos

Os projetos devem conter, devidamente organizadas, as peças escritas e desenhadas necessárias para definir completamente a obra e justificar o seu dimensionamento.

Implantação da barragem

No que respeita ao local de implantação da barragem, deverão ser considerados fatores exteriores à barragem, como as condições de acessibilidade, a disponibilidade de materiais, a posse da terra, os aspectos ambientais, as necessidades da comunidade, a distância até ao fornecimento de energia elétrica e a possibilidade de inundação de estradas, pontes e edifícios.

Trabalhos de reconhecimento geológico e geotécnico

A caracterização geológico-geotécnica deverá incluir informações relativas à geologia regional e local, à sismicidade, ao potencial de escorregamento na zona do reservatório e às condições de fundação para a barragem, as estruturas e os órgãos hidráulicos. O desenvolvimento do reconhecimento deve ser adequado às condições de cada local, nomeadamente ao conhecimento da sua geologia.

Em locais de geologia conhecida, o reconhecimento poderá, porém, limitar-se à identificação das formações ocorrentes.

O reconhecimento do terreno de fundação da barragem deve ser efetuado por trincheiras superficiais e por poços ou sondagens (quando a espessura do solo de cobertura ultrapassar 3,5 m) levados a uma profundidade igual, pelo menos, à máxima altura da obra, segundo alinhamentos que, no mínimo, deverão abarcar o eixo da barragem e o do vertedouro.

Na fundação do vertedouro, a prospeção a realizar deve ser orientada para a avaliação da erodibilidade da fundação. Devem ser executadas trincheiras na soleira e ao longo do canal do vertedouro. Para a fundação da descarga de fundo e da tomada d'água devem ser realizadas, no mínimo, duas trincheiras para verificar a adequação do terreno de fundação.

O reconhecimento dos solos a utilizar na construção deve ser feito com recurso a trincheiras nos locais de empréstimo.

Em regra, o número de poços ou sondagens não deve ser inferior a três, nem o seu espaçamento maior do que 50 m.

O reconhecimento deve ainda dar particular atenção à pesquisa de ressurgências que terão de ser captadas de modo a não prejudicar a estabilidade da barragem e da sua fundação, bem como à existência de camadas impermeáveis de suficiente espessura a profundidade economicamente acessível, pois no projeto pode ser tirado importante partido de tais camadas.

Estudo das características do terreno de fundação e do reservatório

As características de cisalhamento e a permeabilidade das formações em que se fundará a obra devem ser determinadas sobre amostras indeformadas colhidas nas sondagens, ou por meio de ensaios *in situ*.

No caso de haver formações rochosas interessadas nas fundações deve averiguar-se a eventual existência de diaclases, falhas ou outras superfícies de menor resistência ao longo das quais possam ocorrer escorregamentos ou percolações inconvenientes.

Devem ser efetuadas pesquisas das características dos terrenos do reservatório que possam condicionar a sua estanqueidade e a estabilidade das suas margens.

Estudo das terras disponíveis para construção

O projeto deve indicar os locais de empréstimos das terras a aplicar na barragem em planta de escala adequada, bem como a avaliação dos respectivos volumes.

De cada qualidade de terra, classificada visualmente, será colhida uma amostra por cada 1000 m^3 e sobre ela serão realizados os seguintes ensaios: limites de consistência e análise granulométrica. Com os resultados destes ensaios e demais elementos de apreciação deve-se proceder ao agrupamento das terras segundo a Classificação Unificada de solos (ASTM D2487). O número de ensaios prescrito poderá ser reduzido no caso de terras de elevada homogeneidade.

Sobre uma amostra de cada grupo a que se for conduzido, segundo a classificação referida, serão realizados os seguintes ensaios: compactação leve (ASTM D698), consolidação, permeabilidade e compressão triaxial de provetes saturados para determinação das características de resistência ao cisalhamento. Os ensaios serão efetuados em geral sobre a fração dos solos que passa no peneiro de malha quadrada de 4,76 mm de abertura (n.º 4 ASTM). No caso de os solos em estudo conterem mais de 35% de elementos retidos naquela peneira, os ensaios deverão, porém, ser conduzidos sobre a fração passada na peneira de menor malha que tiver menos de 35% dos elementos retidos.

Deve ser dada preferência à utilização de solos argilosos, face à sua maior resistência à erosão ao galgamento.

Fundações

Quando a resistência ao cisalhamento do terreno de fundação não exceder uma vez e meia, pelo menos, a resistência ao cisalhamento que teria o aterro à mesma profundidade, o projeto deve apresentar demonstração de que está garantida a segurança da obra em relação a escorregamentos, devendo ser consideradas possíveis superfícies de escorregamento cortando simultaneamente o aterro e o terreno de fundação.

Quando não estiver comprovada a impermeabilidade das fundações, o projeto deve apresentar cálculo das vazões de infiltração sob a barragem, bem como indicação das medidas previstas para reduzir essas vazões a valores aceitáveis (por exemplo, por adoção de trincheiras corta-águas) e para evitar o risco de erosão interna ou *piping* (por exemplo, por adoção de filtros), e prever o controle e o registro da percolação.

A trincheira de vedação deverá ser prolongada até ao firme rochoso ou até um estrato de permeabilidade adequada e estendida a todo o desenvolvimento da barragem. Em trincheiras até cerca de 3,5 m de profundidade, a inclinação dos taludes da trincheira poderá ser de *1(V):1(H)* e, para profundidades superiores, *1(V):1,5(H)*. A largura mínima da trincheira, na base, deverá ser de 4 m. Poderá ser necessário colocar um filtro no talude de jusante da trincheira para evitar erosão interna.

Em barragens zoneadas, o projeto deve assegurar a ligação da zona impermeável ou impermeabilizada da fundação com o núcleo.

O projeto deve dar indicação do critério a seguir aquando das escavações para decidir sobre a profundidade definitiva da fundação.

Estabilidade dos taludes

Como regra geral, as inclinações dos paramentos devem ser justificadas com base no estudo da estabilidade dos maciços, apoiado nos resultados dos ensaios para determinação das características mecânicas. Salienta-se, no entanto, que a adoção de taludes mais suaves representa apenas um pequeno incremento do custo de pequenas barragens, mas é capaz de aumentar muito a segurança da barragem.

No cálculo do maciço de montante deve ser considerada a situação correspondente a um esvaziamento brusco do reservatório. Se não se fizer cálculo mais rigoroso, as pressões intersticiais poderão ser calculadas, admitindo que em pontos à profundidade h, contada na vertical a partir do paramento, a pressão intersticial é dada pelo produto do peso do volume da água, γ_w, por h.

No cálculo do maciço de jusante deverá ser considerada a situação correspondente ao reservatório cheio, isto é, com a água ao nível máximo normal. Se não se fizer cálculo mais rigoroso, as pressões intersticiais abaixo da linha de saturação poderão ser calculadas admitindo que em pontos à profundidade h, contada verticalmente a partir da linha de saturação, a pressão intersticial é igual a $\gamma_w\ h$.

O projeto deverá indicar a posição da linha de saturação no perfil da barragem e os dispositivos drenantes adotados para que ela se situe totalmente no interior do maciço.

Nos casos em que as dimensões da barragem (altura e volume), a capacidade do armazenamento e o dano potencial a jusante possam justificar que o projeto deixe de se fundamentar em ensaios de determinação das características mecânicas dos solos a empregar, as inclinações dos respectivos paramentos serão fixadas de harmonia com as indicações da experiência.

No Quadro VII. 1 indicam-se as inclinações que poderão ser adotadas em pequenas obras de perfil homogêneo, para os diferentes grupos de classificação dos solos. As inclinações aí indicadas para o caso de barragens não sujeitas a esvaziamento brusco do reservatório apenas poderão ser adotadas quando no projeto se prove que tal é de admitir.

Quadro VII. 1 – Inclinações dos taludes dos paramentos de montante e de jusante em barragens homogêneas

<table>
<tr><th rowspan="2">Condições de esvaziamento</th><th rowspan="2">Classificação do solo (ASTM D2487)</th><th colspan="2">Inclinação dos paramentos</th></tr>
<tr><th>Montante</th><th>Jusante</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Lento</td><td>GC,GM,SC,SM</td><td>1(V):2,5(H)</td><td>1(V):2(H)</td></tr>
<tr><td>CL,ML</td><td>1(V):3(H)</td><td rowspan="2">1(V):2,5(H)</td></tr>
<tr><td>CH,MH</td><td>1(V):3,5(H)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Rápido</td><td>GC,GM, SC,SM</td><td>1(V):3(H)</td><td>1(V):2(H)</td></tr>
<tr><td>CL,ML</td><td>1(V):3,5(H)</td><td rowspan="2">1(V):2,5(H)</td></tr>
<tr><td>CH, MH</td><td>1(V):4(H)</td></tr>
</table>

Largura do coroamento

A largura do coroamento, em regra não inferior a 3 m, deve ser justificada em função da natureza dos materiais a empregar, da configuração da linha de saturação com o reservatório cheio, da altura e importância da barragem, das condições práticas de construção e das exigências da circulação prevista.

O coroamento será consolidado convenientemente e deverá assegurar-se a sua eficaz drenagem, devendo ser adotado um valor mínimo de 3% para a inclinação do coroamento para montante.

O coroamento deve ser protegido com material granular para evitar trincas e sulcos produzidos por rodas de veículos.

Revestimento dos paramentos

O paramento de montante deverá ser protegido da erosão provocada pelas vagas por meio de um revestimento de enrocamento, de solo-cimento, betuminoso ou de outro tipo convenientemente justificado.

O paramento de jusante deve ser protegido da ação da chuva e da água proveniente das descargas e dos verdedouros, tomando-se ainda medidas contra os animais que revolvem a terra. Quando a altura da barragem o justificar, deverá completar-se a proteção do paramento de jusante por meio de banquetas dotadas de valetas de escoamento das águas superficiais.

Núcleo de barragens zoneadas

Em barragens zoneadas o núcleo impermeável deve atingir a cota do nível máximo de cheia. Recomenda-se que a largura do núcleo na base não seja inferior a metade da altura da barragem, com um mínimo de 4 m.

Filtros

A drenagem através de filtros e drenos é essencial para reduzir a possibilidade de erosão interna, considerando-se indispensável a colocação de sistemas de drenagem interna, constituídos por filtros chaminé e tapetes drenantes, em barragens homogêneas e zoneadas.

Os filtros são dimensionados para impedir o arrastamento de solos. Os drenos são dimensionados para escoar a água, mantendo os materiais a jusante secos. A combinação de filtros e drenos constitui uma boa solução de drenagem das barragens.

Recomenda-se, no mínimo, a utilização de um dreno no pé do talude de jusante, para barragens com altura inferior a 5 m, de tapete drenante, para barragens de altura superior a 5 m e, adicionalmente, de um filtro chaminé para barragens de altura superior a 10 m.

Na transição do aterro para os enrocamentos de revestimento do paramento de montante e para os dispositivos drenantes deverão ser colocados filtros devidamente dimensionados.

Os materiais para filtros e drenos devem, em geral, ser materiais obtidos por britagem, devido aos materiais naturais se encontrarem, em regra, demasiado contaminados.

Não havendo materiais disponíveis para filtros, sendo o sobrecusto relativo à sua aquisição e transporte elevado, poderá ser equacionada a utilização alternativa de geossintéticos em zonas não críticas da barragem, em substituição dos materiais naturais.

Vertedouro(s) de cheias

Os órgãos de descarga das cheias devem oferecer garantia de segurança total contra o galgamento da barragem. Em pequenas barragens são muitas vezes considerados dois tipos de vertedouros, o vertedouro principal e o vertedouro de emergência, ou apenas o vertedouro principal.

O vertedouro principal não deve ser suscetível à erosão, dado ser expectável que funcione todos os anos. Quando associado a um vertedouro de emergência pode ser materializado através de tubulações verticais ou inclinadas, devidamente protegidas contra obstruções por materiais flutuantes. Quando isolado deve ser em soleira livre.

O vertedouro de emergência funciona apenas após cheias significativas, deve ter uma capacidade muito superior à do vertedouro principal e deve ser em soleira livre.

Consoante os elementos hidrológicos disponíveis, a vazão para o dimensionamento do(s) vertedouro(s) deverá ser determinada por fórmulas do tipo cinemático, pelos métodos da hidrologia estatística ou pelo método do hidrograma unitário. O valor da vazão de cheia poderá também obter-se por comparação com bacias hidrográficas morfológica e hidrologicamente semelhantes à bacia em estudo, e em relação às quais se disponha de bom conhecimento das vazões.

Em princípio, e salvo o caso de se prever que a ruptura da barragem ponha em risco vidas humanas, adotar-se-á no projeto a vazão máxima da cheia com probabilidade de ocorrência de uma vez em 100 anos.

Para a determinação da precipitação deverão utilizar-se os valores médios horários extraídos de registos udográficos de posto ou postos representativos, sendo recomendável que o período das observações seja pelo menos de 30 anos.

A localização do(s) vertedouro(s) deve acautelar a possibilidade de erosão do aterro.

O(s) vertedouro(s) de cheias não deverá(ão) ficar integrado(s) no corpo de barragens de terra.

Todos as paredes da zona de entrada do(s) vertedouro(s) devem ter como borda livre mínima o valor adotado para a barragem. No canal do vertedouro(s) e na zona de saída deverá ser evitado o galgamento das suas paredes pela cheia. Para a dissipação da energia das águas o projeto deverá prever disposições adequadas, cujo dimensionamento será convenientemente justificado.

Normalmente, nas bacias das pequenas barragens, o tempo de concentração é baixo e é recomendada a utilização de vertedouros sem comportas, para anular o tempo de resposta necessário para a operação das comportas.

Quando não existir risco de erosão devido à competência do maciço de fundação do vertedouro, conferida pela sua natureza rochosa, o canal pode ser escavado diretamente na rocha.

Em solos ou rochas erodíveis é necessário proceder à proteção do canal com um revestimento de concreto, com uma espessura mínima de 0,10 m, e à drenagem da fundação para evitar a instalação de subpressões. O canal deverá também ter juntas de dilatação, a distâncias variáveis entre 3 e 15 m.

Borda livre

Designa-se por borda livre a distância vertical entre o máximo nível d'água suscetível de se verificar no reservatório, nível máximo maximorum, funcionando os órgãos de descarga com a eficiência prevista, e o coroamento da barragem, não considerando o parapeito.

A fixação do valor da borda livre deverá ser feita mediante a determinação do nível da cheia considerada para dimensionamento do vertedouro e tendo em conta a altura máxima e a velocidade das ondas que o vento possa formar no reservatório.

Em nenhum caso a borda livre deverá ser inferior a 1 m.

Contra-flecha

Deve ser adotado um valor mínimo de 0,30 m para a contra flecha na seção de maior altura

Descarga de fundo e tomada d'água

As barragens de terra devem possuir um ou mais descargas de fundo que permitam o esvaziamento do reservatório.

É proibida a colocação de tubulações nos aterros, por causa de erosão interna, e sobre estes, devido à erosão externa. Recomenda-se, ainda, a concretagem da envolvente dessas tubulações.

É fortemente recomendado que o conduto da descarga de fundo se localize junto a uma ombreira e que esteja fundado em terreno competente, de preferência em maciço rochoso. A cota da base da trincheira do conduto não deve ser inferior à cota da trincheira de vedação.

As entradas das descargas de fundo e tomadas de água devem ser localizadas de forma a garantir a permanência do seu funcionamento e ser munidas de grelhas de proteção.

A tubulação deve ter uma inclinação que não exceda 2 a 5%, para evitar velocidades demasiado elevadas, e deve estender-se para além do pé de jusante para evitar a erosão da barragem.

Salvas razões justificadas, cada conduto deve ser munido, pelo menos, de uma válvula, instalada a montante e convenientemente arejada. O seu comando será facilmente acessível e, se for mecânico, deve existir simultaneamente dispositivo de manobra manual.

Se os condutos atravessarem a barragem e se não repousarem sobre formações rochosas, o projeto deverá prever disposições adequadas para prevenir os efeitos de recalques diferenciais, sendo as juntas essenciais para um adequado comportamento do conjunto.

Dado que as tubulações sob o aterro são frequentemente causa de acidentes devido à percolação ao longo do respectivo contorno exterior, o projeto deverá indicar as medidas a adotar para interceptar as eventuais fugas ao longo dos condutos, nomeadamente, através de colares de filtros/drenos.

O projeto deverá conter a determinação da curva de vazão da descarga de fundo projetado, relacionando-a com a capacidade do reservatório e com o seu tempo de esvaziamento. A capacidade de vazão da descarga de fundo deve permitir esvaziar metade do volume do reservatório em 7 dias, sendo recomendado o valor de 0,305 m como diâmetro mínimo da tubulação.

Se existir utilização regular de água a jusante da barragem, deve instalar-se um sistema de vazão sanitária que permita a manutenção de uma vazão adequada para esse efeito.

Avaliação e minimização dos impactos a montante e a jusante

Os principais impactos associados à construção de pequenas barragens são os danos potenciais, afetação de outros proprietários devido à extensão do reservatório, a sedimentação do reservatório, o crescimento de plantas aquáticas, a redução significativa dos escoamentos para jusante e a circulação de peixes.

O projeto deverá conter uma avaliação do dano potencial associado no que respeita a pessoas, habitações ou propriedades induzido pela onda de inundação devida ao eventual rompimento da barragem.

A região do vale a jusante da barragem potencialmente afetada pelo rompimento da barragem deve ser delimitada pela seção do rio em que a onda de inundação atinge a ordem de grandeza da cheia de dimensionamento do vertedouro e deve ter em conta a indução de ruptura de barragens situadas a jusante.

O projeto deve definir de forma adequada a extensão para montante do espelho d'água em pleno armazenamento e em máxima cheia e indicar as propriedades potencialmente inundadas, bem como a autorização explícita por parte dos respectivos proprietários. Deve ainda conter uma previsão da sedimentação do reservatório ao longo da sua vida útil, bem como medidas para a sua minimização, bem como que combatam o crescimento de plantas aquáticas.

A construção da barragem também pode ter consequências para jusante, nomeadamente, devido à redução significativa dos escoamentos, podendo atingir outras barragens e poços. O projeto deve conter uma avaliação destes impactos, bem como medidas para a sua minimização.

Sempre que tal for reconhecido necessário, as obras deverão incluir dispositivos que permitam a circulação dos peixes entre os trechos de água situados a montante e a jusante da barragem

b. Recomendação para a construção de pequenas barragens de terra

O controle da qualidade durante a construção são aspectos essenciais do controle de segurança das pequenas barragens. É recomendado que o período de construção coincida com o período em que a pluviosidade é mais reduzida e, simultaneamente, em que os solos ainda apresentam uma umidade natural suficiente para a sua adequada compactação.

Direção da construção

A construção será dirigida por um responsável técnico registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – *CREA* e com as qualificações requeridas para a elaboração do projeto.

Preparação para a execução dos aterros

A preparação para a execução dos aterros inclui a marcação dos limites da barragem e dos seus alinhamentos principais (nomeadamente, o eixo), a escolha das áreas de empréstimo, os acessos às áreas de empréstimo, a remoção da camada superficial da fundação, a eventual execução do desvio provisório, a construção da trincheira de vedação e a implantação da tubulação do descarga de fundo/tomada d'água.

Marcação dos limites da barragem

A implantação da barragem deve ser efetuada recorrendo a estacas e a cordas, usadas também para assinalar o nível máximo do reservatório. A vegetação abaixo deste nível deve ser removida.

Áreas de empréstimo

As áreas de empréstimo devem ser desprovidas de material orgânico, drenadas, conter os solos pretendidos e não terem demasiados blocos de pedra.

Limpeza da fundação

Serão retiradas as camadas de terra vegetal, raízes, outros restos de matérias vegetais, blocos de pedra, detritos, formigueiros e bem assim todas as terras acima daquelas cujas características mecânicas foram consideradas no projeto das fundações.

As surgências deverão ser captadas e drenadas antes de ser iniciada a execução do aterro.

Desvio provisório

Se a barragem for construída num curso de água pode ser necessário prever a construção de um desvio provisório, através de tubulação ou de trincheira de desvio.

Construção da trincheira de vedação

Após a limpeza deve proceder-se à escavação e ao preenchimento da trincheira de vedação, por camadas horizontais, com solo devidamente compactado.

Implantação da descarga de fundo/tomada d'água

As tubulações, no sentido montante-jusante, devem ser instaladas numa trincheira escavada na fundação, para permitir melhor confinamento lateral.

A implantação da(s) tubulação(ões) do descarga de fundo/tomada d'água deve ser decidida após a limpeza da fundação, a realização das trincheiras de prospeção e a construção da trincheira de vedação, podendo ser necessário adotar geometrias em curva para garantir boas condições de fundação.

A trincheira de fundação da tubulação deve ser escavada em terreno firme desde a inserção a montante no reservatório, pelo menos, até ao pé de jusante. A trincheira deve ter uma dimensão na base igual ao diâmetro da tubagem acrescido do espaço necessário para o preenchimento com concreto pobre da sua envolvente.

Fundações

Nas fundações em maciços terrosos, é necessário assegurar que a barragem é fundada em materiais de resistência igual ou superior à dos materiais de aterro após compactados. As especificações em termos de compactação dos solos de fundação são as exigidas para os materiais de aterro.

Compactação dos aterros

A compactação das camadas deve ser realizada de forma a conseguir compacidades pré-fixadas, de acordo com os ensaios de compactação.

Deve dar-se preferência ao ajuste do teor em água no local do empréstimo, para que a colocação em obra ocorra com o material com o teor em água próximo do pretendido.

A construção do aterro deve ser feita de forma regular, de forma a não haver desníveis excessivos. O material de aterro deve ser colocado em camadas horizontais em toda a extensão da barragem. Os materiais devem ser espalhados sobre as camadas pré-existentes e não empurrados para o local.

O espalhamento deve ser feito com *bulldozer*, em camadas com uma espessura máxima de cerca de 0,20 m a 0,25 m, dependendo do solo e do equipamento de compactação, e a compactação

deve ser efetuada com rolos. Os rolos de pés de carneiro são os mais adequados para os solos finos argilosos e os rolos de rasto liso para os restantes. Normalmente 8 a 10 passagens do equipamento de compactação são suficientes.

A compactação relativa (ASTM D698) deve atingir pelo menos 95%, referida ao ensaio Proctor normal, e o teor de água deverá situar-se entre o teor ótimo em água w_{opt} e $w_{opt} + 2\%$.

Usualmente cada camada será levada até à umidade conveniente para a compactação por rega sobre o aterro ou no empréstimo, com cuidadosa dispersão de água para conseguir molhagem uniforme. Será, em regra, conveniente acompanhar a rega com revolvimento das terras por meio de equipamentos adequados.

Deve ser assegurada uma adequada ligação entre camadas, pelo que, se a superfície da camada secar, esta deve ser escarificada antes da colocação de uma nova camada. A escarificação da camada é também fundamental quando se utilizam rolos de rasto liso.

Se os aterros forem construídos durante a estação úmida, devem ser tidos cuidados para evitar a permanência de água na superfície das camadas. Para o efeito, as camadas devem ter uma ligeira inclinação que permita o escoamento superficial.

O filtro chaminé não deve ser demasiado compactado. A sua compactação deve ser feita com bastante água.

Zonas confinantes com as tubulações

Desaconselha-se a execução de colares à volta de tubulações, sendo recomendada, em sua substituição, a colocação de filtros, em especial no terço final da tubagem, para prevenir problemas de erosão interna.

Tubulações

As tubulações devem ser ensaiadas com ar comprimido a uma pressão igual a uma vez e meia a pressão de serviço, não devendo ocorrer fugas durante um período de 2 h. Estes ensaios de receção permitem realizar correções com um custo mínimo.

Controle da compactação

O controle da compactação relativa e do desvio do teor de água em relação ao ótimo será efetuado em cada 1000 m^3 de terra colocado em obra, com um mínimo de duas determinações por camada.

Será mantido pelo técnico responsável no local da obra um registro dos resultados dos ensaios de controle, com indicação das datas e das coordenadas dos pontos em que os ensaios de controle foram realizados.

Durante a execução da obra, o mesmo técnico anotará os resultados dos seus exames aos trabalhos durante as fases mais importantes, designadamente: conclusão da remoção da camada superficial da fundação, colocação de filtros, diversas fases de compactação dos aterros e fase terminal da obra.

Recuperação paisagística do local

Após a construção da barragem é necessário recuperar o espaço usado durante a construção, nomeadamente de forma a prevenir a erosão e a minimizar os impactos. É necessário proceder se necessário à regularização de taludes, por forma a garantir a sua estabilidade e segurança em longo prazo, em especial para as condições de saturação, caso esses taludes confinem com o reservatório.

Para a revegetação, devem ser utilizados solos orgânicos para a plantação de espécies nativas e evitar-se a plantação de árvores adjacentes ao aterro.

Observação das obras

O comportamento da obra durante a fase inicial de exploração, designadamente no primeiro enchimento, total ou parcial, e no subsequente esvaziamento, deve ser observado, dando-se particular atenção ao eventual aparecimento de trincas ou de infiltrações e aos recalques que ocorram.

Em obras que levantem problemas especiais deverão ser colocados dispositivos de observação, nomeadamente referências para observação de deslocamentos de pontos dos maciços, aparelhos para medição de pressões intersticiais e piezômetros para observação da linha de saturação.